

14.613/4102

TUGAS AKHIR
(OE 1701)

ANALISIS PENGGUNAAN
VERTIKAL DRAIN DAN PRELOADING
PADA LAHAN REKLAMASI
DI UNIT TERMINAL PETI KEMAS
PELABUHAN TANJUNG PERAK SURABAYA



PERPUSTAKAAN	
Tg. Terima	10-7-2000
Terima Dari	H
No. Agenda Psp.	21.762

RSKe
624.151362
Adh
a-1

1999

Oleh :

SATYA ADHINUGRAHA
NRP. 4392 100 026

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1999



**ANALISIS PENGGUNAAN
VERTIKAL DRAIN DAN PRELOADING
PADA LAHAN REKLAMASI
DI UNIT TERMINAL PETI KEMAS
PELABUHAN TANJUNG PERAK SURABAYA**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna memenuhi salah satu persyaratan
untuk menyelesaikan studi program sarjana

pada

**Jurusan Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

Surabaya, Agustus 1999

Mengetahui / Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Ir. W.A. Pratikto, M.Sc, Ph.D

NIP. 130 816 210



Ir. Rudi Walujo P.

NIP. 132 176 893

ABSTRAK

Akibat peningkatan arus barang dengan menggunakan peti kemas maka diperlukan perluasan lapangan penumpukan peti kemas di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. Karakteristik lapisan tanah dasar di lokasi tersebut didominasi oleh tanah lempung lunak yang cukup dalam sehingga daya dukung tanah dasar sangat kecil. Untuk itu diperlukan usaha perbaikan tanah agar daya dukung tanah dasar mampu menerima beban rencana. Metoda perbaikan tanah yang digunakan adalah kombinasi antara metode preloading dan metode vertikal drain.

Permasalahan yang dibahas adalah menganalisis besar dan kecepatan penurunan konsolidasi primer akibat beban preloading dan penggunaan vertikal drain. Besar penurunan akibat beban rencana $6,8 \text{ t/m}^2$ adalah sebesar 1,8328 dan dengan waktu penurunan selama 845 tahun Penurunan ini akan dihilangkan atau dikurangi dengan menggunakan preloading dengan tinggi 5,5 m. Metode preloading dilakukan secara bertahap. Untuk mempercepat proses konsolidasi digunakan vertikal drain jenis colbond CX-1000 dengan pola pemasangan segi tiga dan berjarak 1,47 m. Besar penurunan akibat preloading dan vertikal drain setelah 9 bulan adalah 1,7863 m. Dengan sisa timbunan sebesar 3,7137 m, maka rencana elevasi akhir +2,0 m masih dapat terpenuhi.



KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah S.W.T. yang senantiasa melimpahkan segala rahmat serta kasih sayang-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Rasa terima kasih yang tulus juga tak lupa penulis sampaikan kepada:

1. Almarhum Ayah, Ibu, Kakak serta Adik tercinta yang selama ini telah memberikan doa, semangat serta kasih sayang dan segalanya yang tak ternilai harganya.
2. Bapak Ir. W.A. Pratikto M.Sc, Ph.D selaku dosen wali dan dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu serta memberikan pengarahan selama pembuatan tugas akhir ini serta memberikan pengarahan dan bimbingan selama penulis mengikuti perkuliahan.
3. Bapak Ir. Rudi Walujo P. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu serta memberikan pengarahan selama pembuatan tugas akhir ini.
4. Bapak Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Kelautan yang senantiasa memberikan bimbingan dan bantuan atas kelancaran selama perkuliahan selama ini.
5. Seluruh staf pengajar Teknik Kelautan ITS yang telah memberikan ilmu dan membuka wawasan selama penulis mengikuti perkuliahan.

6. Bapak Ir Adil Naibaho (Pembantu Bidang Reklamasi dan Vertikal Drain, PT.Arena Rekapersada Trimarta) yang telah berkenan memberikan data dan meminjamkan buku-bukunya.
7. Seluruh staf administrasi Jurusan Teknik Kelautan ITS yang memberikan bantuan selama ini.
8. Kawan-kawan Laut'92 yang selalu memberikan dukungan dan atas kebersamaan dalam suka dan duka.
9. Rekan-rekan angkatan lain yang banyak membantu penulis dalam perkuliahan.
10. Pihak-pihak lain yang tidak mungkin kami sebutkan satu per satu dalam kesempatan ini.

Dan sebagai manusia biasa yang tak luput dari kesalahan, penulis mohon maaf atas segala kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini dapat membawa manfaat bagi semua pihak yang memerlukan.

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR SIMBOL	xi
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1. Latar Belakang Masalah	I-1
1.2. Perumusan Masalah	I-3
1.3. Tujuan	I-4
1.4. Pembatasan Masalah	I-4
1.5. Lokasi	I-4
1.6. Metodologi	I-5
1.7. Sistematika Pembahasan	I-5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
2.1. Perbaikan lapisan Tanah Dasar Yang Lunak	II-1
2.1.1 Metode Pembebanan Awal	II-2

2.1.2. Metode Drainase Vertikal	II-4
2.1.2.1. Tipe Drainase Vertikal	II-5
2.2.1.2 Pelaksanaan Pemasangan Vertikal Drain	II-6
2.2. Penurunan (Settlement)	II-11
2.3. Konsolidasi	II-12
2.3.1. Pendahuluan	II-12
2.3.2. Contoh Model	II-13
2.3.3. Parameter Konsolidasi	II-15
2.3.4. Penurunan Konsolidasi	II-18
2.3.5. Kecepatan Waktu Penurunan	II-20
2.3.5.1. Derajat Penurunan Konsolidasi	II-20
2.3.5.2. Teori Konsolidasi Satu Dimensi	II-20
2.3.6. Teori Konsolidasi Tiga Dimensi	II-23
2.4. Jarak dan Pola Pemasangan Drain	II-25
2.5. Penyebaran Tekanan ke Dalam Tanah	II-27
2.6. Daya Dukung Tanah	II-28
BAB III DATA TANAH	III-1
3.1. Pendahuluan	III-1
3.2. Pekerjaan Lapangan	III-1
3.3. Pekerjaan Laboratorium	III-2
3.3.1. Uji Konsolidasi	III-2
3.3.2. Uji Kekuatan Tanah	III-4

3.4. Hasil Tes dan Penyelidikan	III-4
3.4.1. Umum	III-4
3.4.2. Kekuatan Geser Tanah	III-6
3.4.3. Kompresibilitas Tanah	III-6
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	IV-1
4.1. Ketentuan Rencana Perbaikana	IV-1
4.2. Perhitungan Penurunan	IV-2
4.2.1. Penurunan Akibat Beban Rencana	IV-2
4.2.2. Penurunan Akibat Beban Preloading	IV-3
4.3. Desain Vertikal Drain	IV-4
4.4. Perhitungan Waktu Penimbunan	IV-6
BAB V KESIMPULAN	V-1
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	L-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi proyek	I-6
Gambar 2.1	Konsep mempercepat penurunan dengan cara preloading	II-3
Gambar 2.2	Struktur drainase vertikal	II-4
Gambar 2.3a	Pemasangan sand drain dengan selubung	II-7
Gambar 2.3b	Pemasangan sand drain dengan pancaran air	II-7
Gambar 2.4	Peralatan pemancangan synthetic drain	II-9
Gambar 2.5	Pemancangan synthetic drain	II-10
Gambar 2.6	Model analogi proses konsolidasi	II-14
Gambar 2.7	Oedometer	II-15
Gambar 2.8a	Grafik hubungan ΔH atau e terhadap $\log t$	II-16
Gambar 2.8b	Grafik hubungan e terhadap $\log p$	II-16
Gambar 2.9	Idealisasi proses konsolidasi	II-18
Gambar 2.10	Grafik hubungan U_v dengan T_v	II-22
Gambar 2.11	Pola pemasangan vertikal drain	II-26
Gambar 2.12	Diameter ekuivalen dari vertikal drain	II-27
Gambar 2.13	Grafik Osterberg	II-28
Gambar 3.1	Posisi titik bor	III-3
Gambar 4.1	Grafik penurunan akibat tahapan penimbunan	IV-9

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Beberapa contoh produksi strip drain	II-6
Tabel 2.2	Variasi faktor waktu terhadap derajat konsolidasi vertikal	II-22
Tabel 2.3	Nilai yang mungkin dari rasio k_h/k_v untuk tanah lunak	II-24
Tabel 3.1	Kondisi lapisan tanah	III-5
Tabel 4.1	Penurunan akibat beban rencana	IV-2
Tabel 4.2	Penurunan akibat beban preloading	IV-3
Tabel 4.3	Iterasi jarak antar vertikal drain dengan pola segi tiga	IV-5
Tabel 4.4	Iterasi jarak antar vertikal drain dengan pola segi empat	IV-6
Tabel 4.5	Tinggi tahapan penimbunan	IV-7
Tabel 4.6a	Penurunan akibat penambahan beban $2,66 \text{ t/m}^2$	IV-10
Tabel 4.6b	Kecepatan penurunan akibat penambahan beban $2,66 \text{ t/m}^2$	IV-10
Tabel 4.7a	Penurunan akibat penambahan beban $1,14 \text{ t/m}^2$	IV-11
Tabel 4.7b	Kecepatan penurunan akibat penambahan beban $1,14 \text{ t/m}^2$	IV-11
Tabel 4.8a	Penurunan akibat penambahan beban $1,52 \text{ t/m}^2$	IV-12
Tabel 4.8b	Kecepatan penurunan akibat penambahan beban $1,52 \text{ t/m}^2$	IV-12
Tabel 4.9a	Penurunan akibat penambahan beban $2,28 \text{ t/m}^2$	IV-13
Tabel 4.9b	Kecepatan penurunan akibat penambahan beban $2,28 \text{ t/m}^2$	IV-13
Tabel 4.10a	Penurunan akibat penambahan beban $2,85 \text{ t/m}^2$	IV-14
Tabel 4.10b	Kecepatan penurunan akibat penambahan beban $2,85 \text{ t/m}^2$	IV-14
Tabel 4.11	Penurunan gabungan akibat penambahan beban	IV-15

DAFTAR SIMBOL

S	:	penurunan total
S_i	:	penurunan segera
S_c	:	penurunan konsolidasi primer
S_s	:	penurunan konsolidasi sekunder
a_v	:	koefisien pemampatan
e	:	angka pori
m_v	:	koefisien perubahan volume
C_c	:	indeks pemampatan
C_s	:	indeks pemuai
C_v	:	koefisien konsolidasi
p_c'	:	tekanan prakonsolidasi
H	:	tebal tanah
p_0'	:	tekanan overburden efektif
Δp	:	penambahan tekanan vertikal
u_0	:	tekanan air pori awal
u_z	:	tekanan air pori pada kedalaman z
U_z	:	derajat konsolidasi pada jarak z pada waktu t
S_t	:	penurunan pada saat t
S_f	:	penurunan total/final akibat beban
U	:	derajat konsolidasi rata-rata pada waktu tertentu



U_v	:	derajat konsolidasi vertikal rata-rata
U_r	:	derajat konsolidasi radial rata-rata
U_{vr}	:	derajat konsolidasi kombinasi
T_v	:	faktor waktu untuk drainase vertikal
T_r	:	faktor waktu untuk drainase radial
D	:	diameter ekuivalen dari silinder tanah
d	:	diameter vertikal drain
t	:	waktu
C_h	:	koefisien konsolidasi horisontal (radial)
k_h	:	koefisien rembesan horisontal
k_v	:	koefisien rembesan vertikal
γ_w	:	berat volume air
q_{ult}	:	daya dukung batas
q_{all}	:	daya dukung ijin
c	:	kohesi tanah
N_c	:	faktor daya dukung tanah
γ_t	:	berat volume timbunan
H_{all}	:	tinggi timbunan ijin
FS	:	faktor keamanan

BAB I

PENDAHULUAN



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG MASALAH

Berdasarkan data, arus barang melalui Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya pada tahun 1997 mencapai 19,3 juta ton/m³ dengan pertumbuhan rata-rata 12 persen/tahun. Angkutan barang dengan peti kemas telah mendekati angka 666.000 teus dengan pertumbuhan rata-rata 15 persen/tahun. Dari jumlah itu 480.000 teus diantaranya dilayani Unit Terminal Peti Kemas (UTPK) II Tanjung Perak. Sedangkan angka pada tahun 1998, UTPK II telah melayani 561.466 teus. Untuk mengantisipasi pertumbuhan itu, kini dikembangkan UTPK III dan UTPK Antar Pulau di Pelabuhan Tanjung Perak yang jadwalnya akan selesai pada akhir tahun 1999 (PT. Arena Rekapersada Trimarta, 1998).

PT. Pelabuhan Indonesia (Pelindo) III sebagai badan usaha yang bergerak dalam bidang pelabuhan khususnya mengelola Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya, akan melakukan perluasan terminal peti kemas dengan cara mereklamasi daerah pantai yang berada di sekitar Pelabuhan Tanjung Perak. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan utama untuk memperpendek jarak angkut antara tempat berlabuhnya kapal pengangkut peti kemas dengan terminal peti kemas yang baru.

Karakteristik lapisan tanah di areal pantai Pelabuhan Tanjung Perak merupakan tanah hasil endapan marina yang terseling endapan alluvial. Tanah yang dominan adalah lempung yang cukup dalam dengan kandungan pasir halus yang cukup berarti.

Lapisan tanah lunak yang berupa lempung (clay) mempunyai sifat-sifat antara lain cenderung sangat kompresibel (mudah mampat), tahanan geser tanah yang rendah, permeabilitas yang rendah dan mempunyai daya dukung yang rendah. Sifat mekanis tanah yang demikian ini adalah buruk dan kurang mampu menahan beban. Masalah yang umum terjadi pada saat konstruksi selesai adalah terjadinya proses konsolidasi akibat beban konstruksi yang melebihi tegangan prakonsolidasi lapisan tanah lunak tersebut, sehingga menimbulkan penurunan (settlement). Hal ini dapat menyebabkan kegagalan konstruksi yang berupa retak-retak bahkan keruntuhan mungkin dapat terjadi.

Untuk itu, sebelum diadakan pembangunan konstruksi di atas tanah lunak perlu dilakukan upaya perbaikan tanah. Pada saat ini, metode perbaikan tanah lempung lunak yang dalam antara lain dengan metode drainase vertikal (vertical drain) atau kombinasi dengan metoda pembebanan awal (preloading). Untuk Tugas Akhir ini, metode yang digunakan adalah kombinasi antara metode vertikal drain dan preloading.

Pada dasarnya, metoda preloading bertujuan meningkatkan kapasitas daya dukung tanah dengan cepat, dengan cara memberikan beban pada tanah tersebut untuk mempercepat proses konsolidasi. Proses konsolidasi ini dapat dipercepat lagi dengan menggunakan vertical drain. Untuk proyek ini, beban tersebut berupa

urugan pasir, sedangkan untuk vertikal drain yang digunakan adalah jenis Colbond CX-1000.

Pada kombinasi metode ini, air pori akan terdisipasi segera dalam arah radial (horisontal) menuju vertikal drain dan mengalir ke arah vertikal melalui saluran yang permeabel ini hingga mencapai permukaan dengan cepat. Dengan demikian proses ini akan mereduksi jalur drainase dari air pori sehingga mempercepat proses konsolidasi.

Karena lapisan tanah lunak memiliki daya dukung yang rendah, sehingga pekerjaan penimbunan atau pengurugan dengan metode preloading dengan menggunakan vertikal drain ini harus memperhatikan kapasitas daya dukung tanah tersebut. Apabila konstruksi timbunan dirancang untuk mencapai tinggi elevasi tertentu, maka konstruksi timbunan tersebut dibuat secara bertahap. Dari tiap tahap penimbunan, akan terjadi kenaikan tegangan air pori pada tanah lempung lunak yang kemudian perlahan-lahan akan berkurang seiring dengan bertambahnya tegangan efektif, sehingga daya dukung tanah lunak tersebut juga bertambah besar.

1.2. PERUMUSAN MASALAH

Permasalahan yang akan diangkat dalam tugas akhir ini antara lain :

1. Menentukan besar dan waktu penurunan akibat beban rencana dan preloading.
2. Menentukan pola pemasangan dan jarak antar vertikal drain

1.3. TUJUAN

Tugas Akhir ini bertujuan untuk menganalisis besar dan kecepatan penurunan konsolidasi yang terjadi serta mendapatkan pola pemasangan dan jarak antar vertikal drain yang optimal.

1.4. PEMBATASAN MASALAH

Tugas Akhir ini menitikberatkan pada analisis penurunan konsolidasi tanah lempung lunak dengan menggunakan kombinasi metode vertikal drain dan metode preloading.

Adapun batasan masalah yang ditentukan adalah :

1. Penurunan yang terjadi akibat proses konsolidasi primer.
2. Vertikal drain yang dipakai jenis band-shape Colbond CX-1000.
3. Preloading dengan tinggi 5,5 m.
4. Luas areal yang diamati adalah 8 hektar.

1.5. LOKASI

Lokasi yang ditentukan (Gambar 1.1) untuk pembahasan adalah:

Proyek : Perluasan Lapangan Penumpukan Peti Kemas
Pemilik : PT. Pelabuhan Indonesia III
Kontraktor : PT. Arena Rekapersada Trimarta
PT. Pengerukan Indonesia
Lokasi : Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya



1.6. METODOLOGI

Agar pembahasan lebih terarah, berikut ini akan diuraikan mengenai langkah-langkah yang akan dikerjakan dalam penulisan Tugas Akhir ini yaitu :

1. Melakukan tinjauan pustaka mengenai kemampatan tanah, proses konsolidasi, preloading, vertikal drain dan daya dukung tanah.
2. Melakukan pengumpulan data tanah.
3. Melakukan perhitungan besar dan waktu penurunan akibat beban rencana.
4. Melakukan perhitungan penurunan akibat total timbunan preloading.
5. Melakukan perhitungan pola pemasangan dan jarak antar vertikal drain.
6. Melakukan perhitungan besar dan waktu penurunan akibat timbunan secara bertahap.
7. Melakukan perhitungan daya dukung tanah.
8. Penarikan kesimpulan dari penulisan tugas akhir ini.

1.7. SISTEMATIKA PEMBAHASAN

Pembahasan dalam Tugas Akhir ini terdiri dari 5 bab, dengan sistematika sebagai berikut :

Bab I : Pendahuluan

Menjelaskan latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah, lokasi, metodologi dan sistematika.

Bab II : Tinjauan Pustaka

Menjelaskan tentang perbaikan tanah dasar yang lunak

dengan menggunakan metode preloading dan vertikal drain, teori konsolidasi, penurunan, dsb.

Bab III : Data Tanah

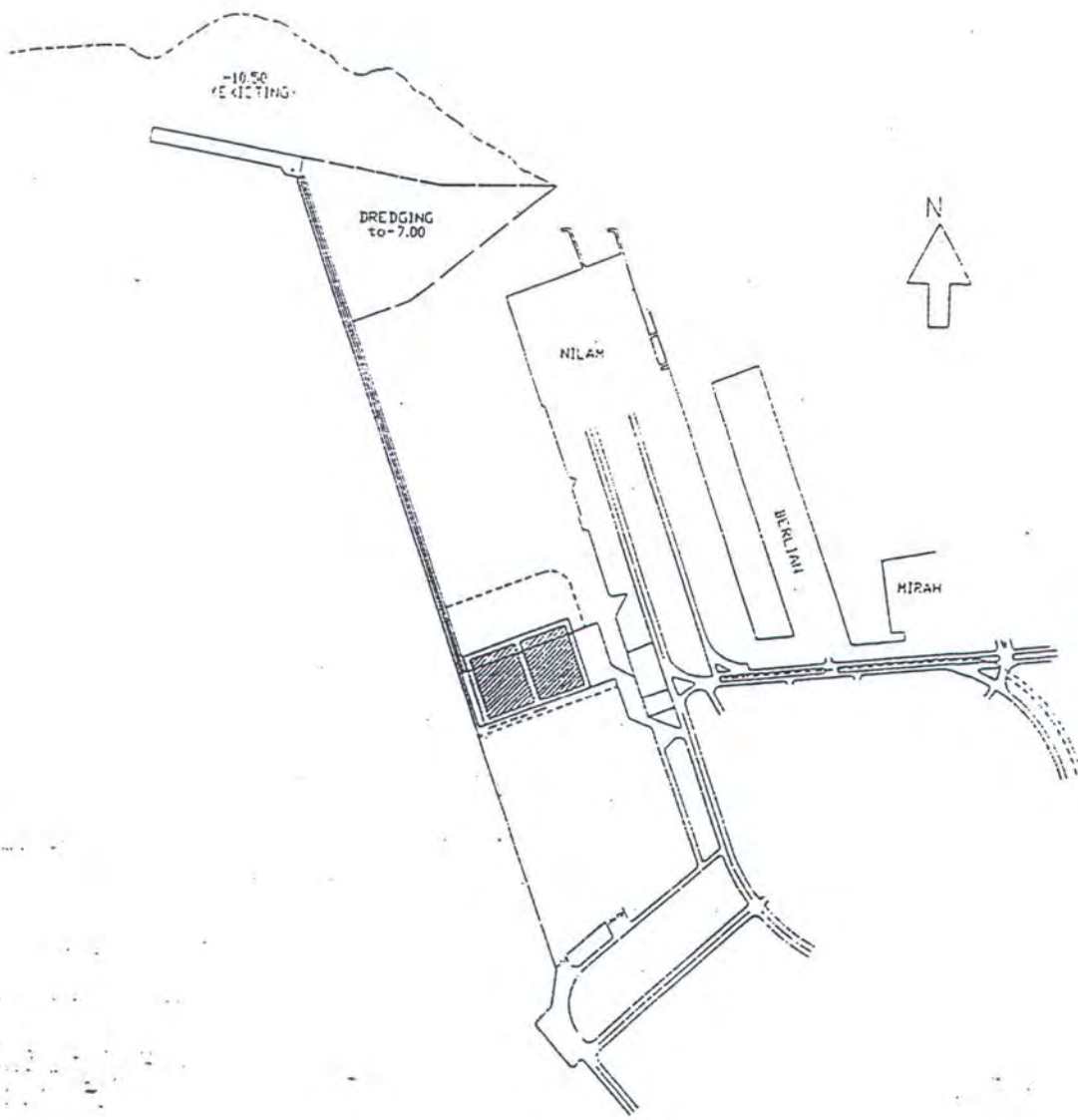
Menjelaskan data-data tanah yang berada di lokasi dimana data tersebut akan dipakai dalam Bab IV.

Bab IV : Analisis dan Pembahasan

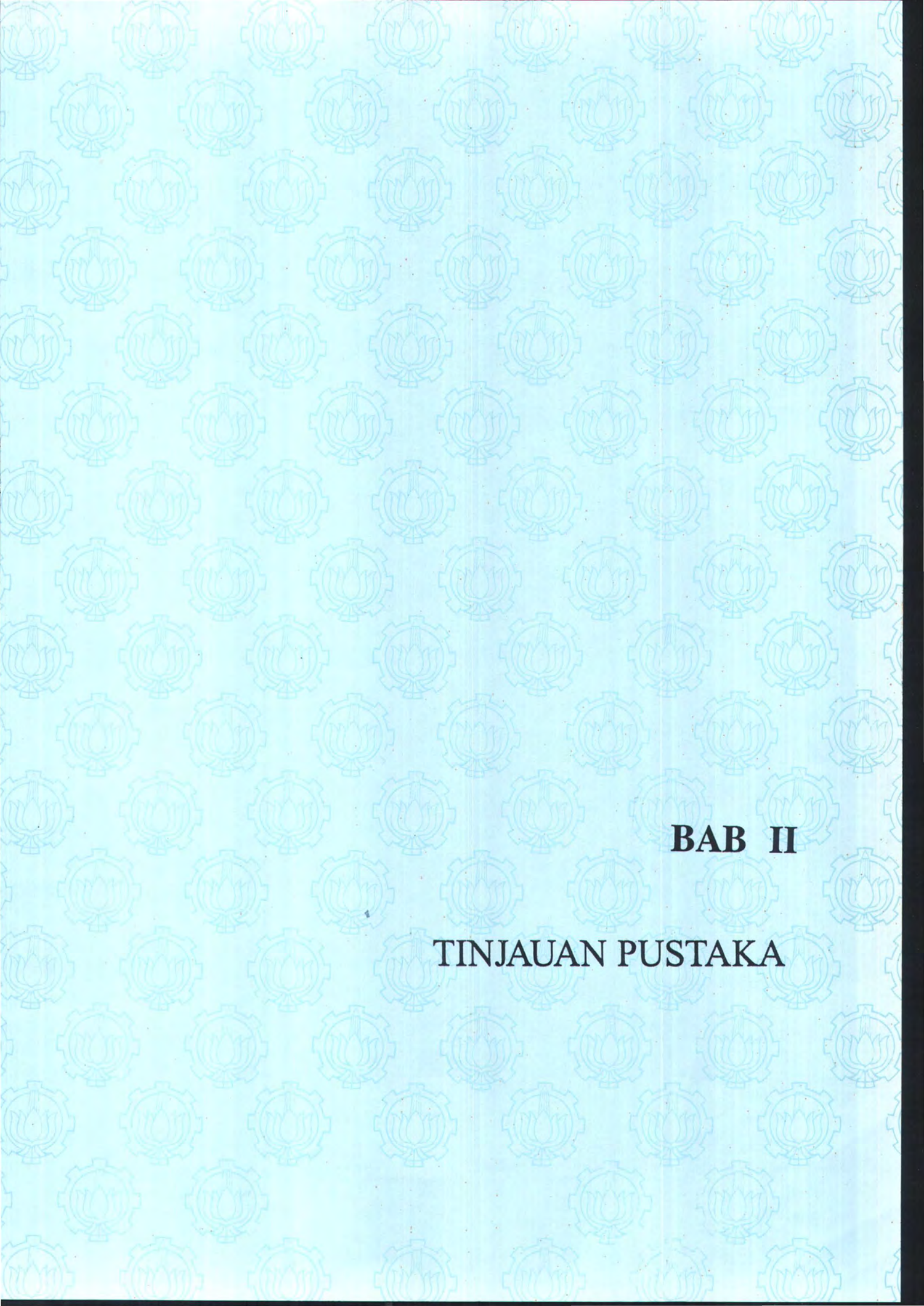
Memaparkan perhitungan besar penurunan yang terjadi akibat beban rencana dan preloading dan waktu penurunan yang terjadi dengan menggunakan vertikal drain.

Bab V : Kesimpulan

Memaparkan kesimpulan yang diambil dari analisis pada Bab IV.



Gambar 1.1 Lokasi proyek



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. PERBAIKAN LAPISAN TANAH DASAR YANG LUNAK

Umumnya lapisan tanah yang disebut lapisan yang lunak adalah lempung (clay) atau lanau (silt) yang mempunyai harga pengujian penetrasi standar (standart penetration test) N yang lebih kecil dari 4 atau tanah organik seperti gambut yang mempunyai kadar air alamiah yang sangat tinggi. Demikian pula lapisan tanah berpasir yang dalam keadaan lepas mempunyai harga N yang kurang dari 10, diklasifikasikan sebagai lapisan yang lunak.

Lapisan yang lunak umumnya terdiri dari tanah yang sebagian besar terdiri dari butir-butir yang sangat kecil seperti lempung atau lanau. Dalam lapisan sedemikian, makin muda umur akumulasinya, makin tinggi letak muka air tanahnya. Lapisan muda sedemikian juga kurang mengalami pembebanan sehingga sifat mekanisnya buruk dan tidak mampu memikul beban.

Sifat lapisan tanah yang lunak adalah gaya gesernya yang kecil, kemampuan yang besar dan koefisien permeabilitas yang kecil. Jadi, bilamana pembebanan konstruksi melampaui daya dukung kritisnya, maka akan terjadi kerusakan tanah pondasi. Meskipun intensitas beban itu kurang dari daya dukung kritis, dalam jangka waktu yang lama besarnya penurunan akan meningkat yang akhirnya akan mengakibatkan berbagai kesulitan.

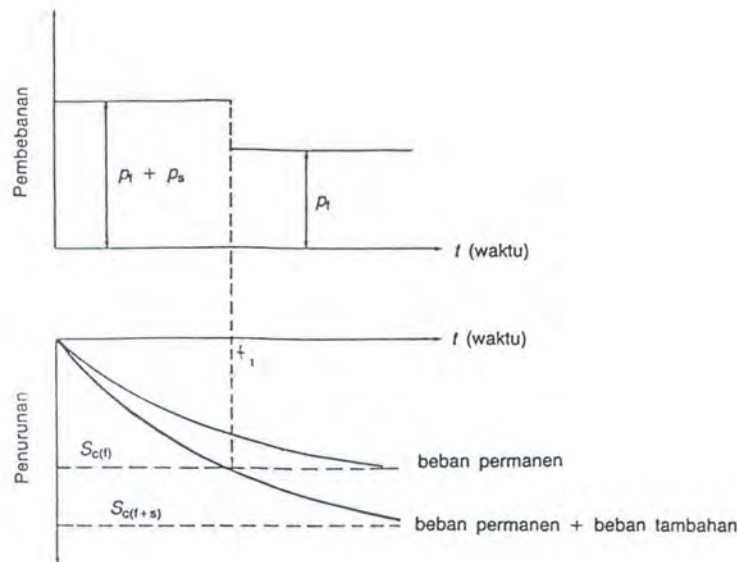
Gejala kerusakan tanah pondasi atau penurunan tambahan bukan hanya akan menyebabkan konstruksi itu tidak akan berfungsi sebagaimana mestinya, melainkan dapat mengakibatkan permukaan tanah di sekeliling konstruksi itu naik atau turun, atau penurunan muka air tanah.

Bilamana diperlukan untuk membangun di atas lapisan lunak itu, maka pertama-tama yang dilakukan adalah memperbaiki kondisi tanah tersebut. Masalah teknis yang harus diselidiki adalah daya dukung tanah (bearing capacity) dan penurunan (settlement).

Ada dua metode yang digunakan untuk memperbaiki tanah dasar yang lunak yakni metode yang meningkatkan kerapatan tanah dengan pemadatan tanah atau mengeluarkan air pori yang terkandung dalam tanah dan metode yang mengkonsolidasi tanah dengan penambahan atau injeksi bahan stabilisasi (Nakazawa, 1994).

2.1.1. METODE PEMBEBANAN AWAL

Maksud dari metode pembebanan awal atau preloading adalah untuk meniadakan atau mereduksi penurunan konsolidasi primer, yaitu dengan membebani tanah dengan beban yang sama besar atau lebih besar dari beban bangunan terlebih dahulu sebelum pelaksanaan bangunannya. Setelah penurunan konsolidasi primer selesai atau sangat kecil, baru beban tanah dibongkar dan struktur dibangun di atas tanah tersebut. Keuntungan dari preloading kecuali mengurangi penurunan, juga menambah kuat geser tanahnya. Cara ini banyak digunakan dalam proyek-proyek besar (Johnson, 1970).



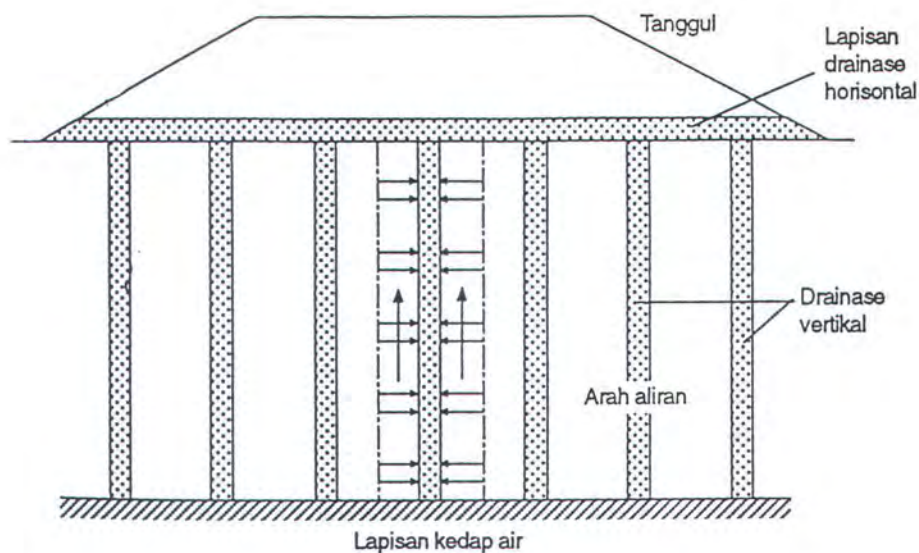
Gambar 2.1 Konsep mempercepat penurunan dengan cara preloading (Hardiyatmo, 1994)

Seperti dalam gambar 2.1 preloading dilakukan dengan cara memberikan beban awal yang berlebih $p_f + p_s$ sedemikian rupa sehingga waktu yang pendek t_1 didapatkan penurunan konsolidasi primer yang sama besarnya dengan total penurunan $S_{c(t)}$ dari beban rencana p_f . Bila pada beban awal $p_f + p_s$, penurunan $S_{c(t)}$ terjadi pada waktu t_1 , beban berlebih (surcharge) p_s dapat dibongkar. Makin besar $p_f + p_s$ makin pendek waktu t_1 . Besarnya beban $p_f + p_s$ tentu saja dibatasi oleh daya dukung tanah tersebut. Hal ini dapat diperkirakan dengan menggunakan analisa formulasi daya dukung tanah.

2.1.2. METODE DRAINASE VERTIKAL

Dengan metoda ini, kecepatan konsolidasi yang rendah pada lapisan tanah lunak, dapat dipercepat dengan menggunakan drainase vertikal yang ditanam secara

vertikal. Drainase vertikal ini memberikan lintasan air pori yang lebih pendek ke arah horisontal. Jarak drainasi arah horisontal yang lebih pendek menambah kecepatan proses konsolidasi beberapa kali lebih cepat. Di samping itu, permeabilitas tanah ke arah horisontal yang beberapa kali lebih besar dibanding yang ke arah vertikal, juga mempercepat laju proses konsolidasi. Proses konsolidasi yang dipercepat ini, mempercepat kenaikan kuat geser tanah dasar (Johnson, 1970).



Gambar 2.2 Struktur drainase vertikal (Soedarmo, 1997)

Berat timbunan yang dibangun di atas drainasi vertikal menyebabkan tanah yang lunak mampat. Mampatnya tanah adalah akibat dari air yang mengalir ke arah radial (horisontal) ke drainase vertikal. Dari sini, air mengalir ke atas,

menuju lapisan pasir yang diletakkan pada dasar tanah timbunannya (Gambar 2.2).

2.1.2.1. TIPE DRAINASE VERTIKAL

Menurut Hausmann (1990) terdapat dua macam drainase vertikal yaitu :

1. Cylindrical Sand Drain

Pada awal penggunaan vertikal drain, sand drain terdiri dari kolom-kolom yang diisi dengan pasir. Kolom-kolom tersebut dibuat dengan cara driving (dorongan), pancaran air (water jet) atau vibroflotasi. Kolom itu mempunyai diameter 200 - 450 mm dan jarak antar kolom antara 1,5 - 6 m.

2. Synthetic Drain

Kebanyakan synthetic drain berupa strip atau band shape (bentuk penampangnya persegi panjang). Synthetic drain biasanya terdiri dari plastic core yang dikelilingi dengan synthetic geotextile sebagai jacket. Jacket tersebut umumnya dibuat dari bahan non-woven geotextiles. Fungsi utama dari jacket ini adalah sebagai soil filter, sedangkan core untuk mengalirkan air pori ke arah longitudinal dengan lancar, sesuai dengan discharge capacity-nya (m^3 /tahun). Pada tabel 2.1 dapat dilihat beberapa contoh produksi synthetic drain.

Kelebihan penggunaan synthetic drain dibandingkan dengan sand drain adalah :

- Mudah dan cepat dalam pemasangannya.



- Dibuat dari material yang seragam.
- Mudah dalam penyimpanan dan transportasi.
- Peralatan untuk pemasangannya lebih ringan.
- Kekuatan tariknya membantu menjaga kontinuitas.
- Biaya pemasangannya lebih murah.

Tabel 2.1 Beberapa contoh produksi synthetic drain (Van Zanten, 1986)

Type	Bahan core	Bahan filter	Ukuran (mm)
Kjellman	Paper	Paper	100 x 3
PVC	PVC	-	100 x 2
Geodrain	PE	Cellulose	95 x 4
Mebradrain	PP	PP atau PES	95 x 3
Alidrain	PE	PES	100 x 6
Colbond	PES	PES	100 x 6
Hitek	PE	PP	100 x 6

Keterangan : PE = polyethylene, PVC = polyvinylchloride, PP = polypropylene,
PES = polyster

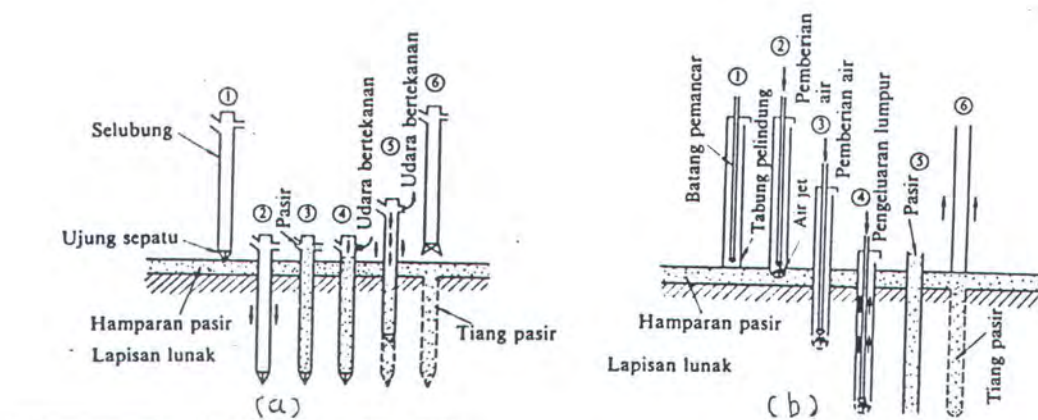
2.1.2.2. PELAKSANAAN PEMASANGAN VERTIKAL DRAIN

Pelaksanaan pemasangan vertikal drain dibagi menjadi dua kategori yaitu untuk jenis sand drain dan untuk jenis synthetic drain. Namun untuk kedua kategori tersebut, sama-sama membutuhkan pelubangan di dalam tanah.

Beberapa cara yang dipakai untuk pemasangan vertikal sand drain dalam tanah antara lain :

Adapun pelaksanaannya (gambar 2.3.a) :

1. Sepatu ujung tabung/selubung ditutup dan diletakkan pada tempat yang telah ditentukan.
2. Tabung/selubung dimasukkan ke dalam tanah dengan getaran sampai kedalaman tertentu.
3. Pasir dimasukkan ke dalam tabung/selubung.
4. Pemasukkan pasir dihentikan dan diberi udara bertekanan.
5. Sepatu ujung tabung/selubung dibuka, kemudian tabung/selubung mulai ditarik/diangkat.
6. Tabung/selubung dicabut dari dalam tanah.



Gambar 2.3a Pemasangan sand drain dengan selubung
 2.3b Pemasangan sand drain dengan pancaran air
 (Nakazawa, 1994)

- Dengan pancaran air (water jet)

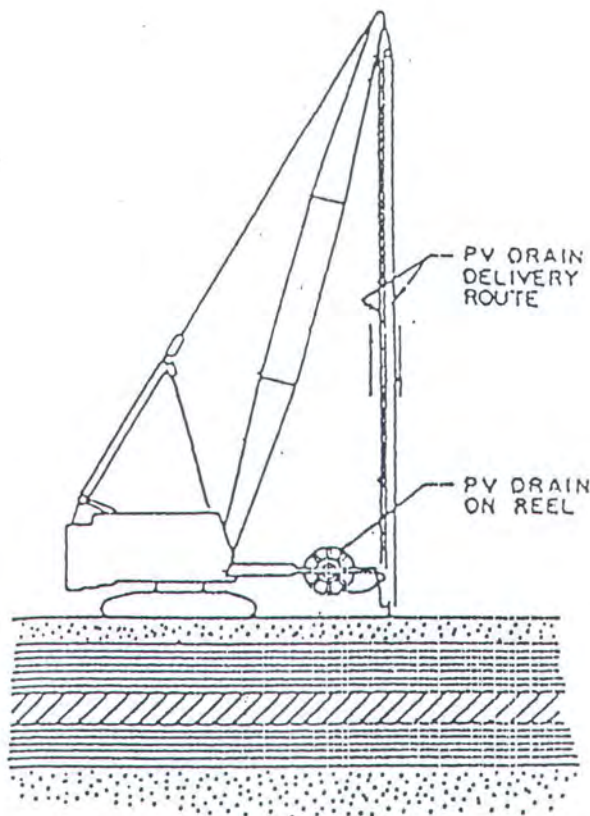
Adapun pelaksanaannya (gambar 2.3.b) :

1. Pipa pelindung dipasang pada tempat yang telah ditentukan beserta batang pemancar yang berada di dalamnya.
2. Pipa pelindung tersebut ditekan/dimasukkan ke dalam tanah bersamaan dengan menginjeksikan air melalui batang pemancar.
3. Selama proses memasukkan pipa pelindung ke dalam tanah, batang pemancar tetap menginjeksi air.
4. Bila pipa pelindung telah masuk sejauh kedalaman yang diinginkan, tanah didalamnya dialirkan ke permukaan.
5. Pasir dimasukkan ke dalam pipa pelindung.
6. Pipa pelindung dikeluarkan.

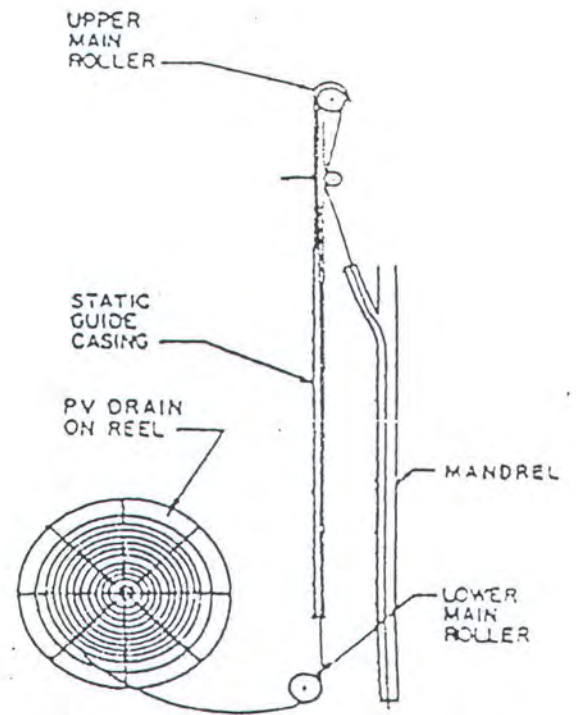
Untuk synthetic drain secara umum pelaksanaan pemancangan adalah menggunakan peralatan seperti dalam gambar 2.4. Selama pemasangan synthetic drain dilindungi oleh alat yang disebut mandrel. Bentuk mandrel itu adalah rectangular dengan luas penampang melintang sekitar 65 cm^2 .

Adapun pelaksanaan pemasangan synthetic drain (gambar 2.5) adalah :

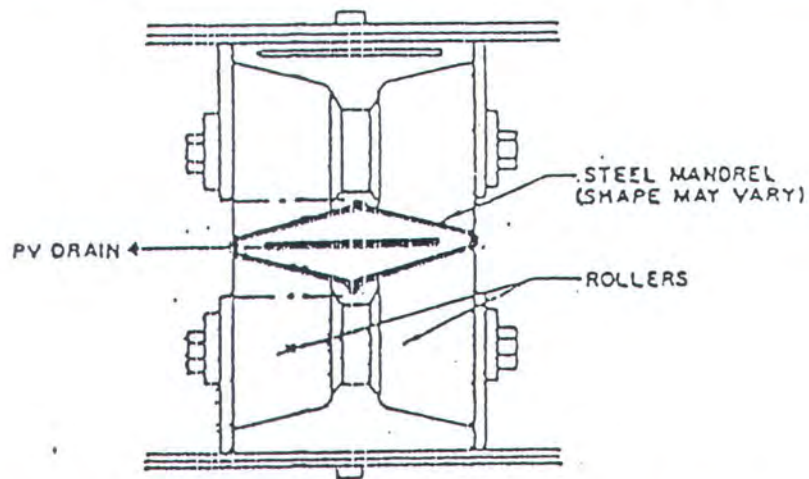
1. Synthetic drain ditarik dari gulungannya dan dimasukkan ke dalam mandrel melalui sebuah katrol.
2. Mandrel yang didalamnya masih terdapat synthetic drain, dimasukkan ke dalam tanah dengan beban statis atau getaran sampai kedalaman tertentu.



(A) INSTALLATION RIG

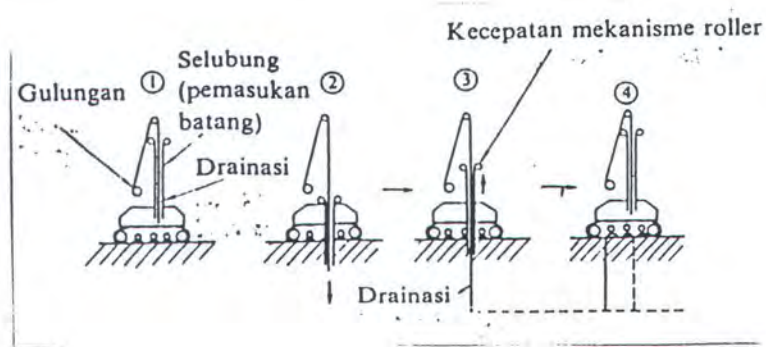


(B) DRAIN DELIVERY ARRANGEMENT



(C) CROSS SECTION OF MANDREL AND DRAIN

Gambar 2.4 Peralatan pemancangan synthetic drain (Wahyudi, 1994)



Gambar 2.5 Pemancangan synthetic drain (Nakazawa, 1994)

3. Synthetic drain ditinggalkan didalam tanah dan mandrel tersebut dikeluarkan ke permukaan.
4. Synthetic drain dipotong dengan alat pemotong.

Sebelum dilakukan pemasangan vertical synthetic drain, pekerjaan persiapan di lapangan harus dilaksanakan terlebih dahulu. Pekerjaan persiapan lapangan tersebut misalnya excavation (removing vegetation, surficial debris, dense soil, dsb.), site grading, pembangunan working mat (alas kerja) untuk alat-alat berat dan pembangunan drainase blanket.

Pekerjaan pengawasan harus dilakukan selama masa pelaksanaan pemasangan vertical synthetic drain, khususnya untuk kontrol terhadap kuantitas dan kualitas pemasangan vertikal drain.

2.2. PENURUNAN (SETTLEMENT)

Jika lapisan tanah mengalami pembebanan maka lapisan tanah akan mengalami regangan atau penurunan (settlement). Regangan yang terjadi dalam tanah ini disebabkan oleh berubahnya susunan tanah maupun oleh pengurangan rongga pori di dalam tanah tersebut. Jumlah dari regangan sepanjang kedalaman lapisan merupakan penurunan total tanahnya.

Penurunan akibat beban adalah jumlah total dari penurunan segera (immediate settlement) dan penurunan konsolidasi (consolidation settlement). Penurunan konsolidasi masih dapat dibedakan lagi menjadi penurunan akibat konsolidasi primer dan penurunan akibat konsolidasi sekunder. Bila dinyatakan dalam bentuk persamaan seperti yang diberikan Das (1993) :

$$S = S_i + S_c + S_s \quad (2.1)$$

dimana : S = penurunan total
 S_i = penurunan segera
 S_c = penurunan konsolidasi primer
 S_s = penurunan konsolidasi sekunder

Penurunan yang terjadi pada berbutir kasar dan berbutir halus yang kering atau tak jenuh terjadi dengan segera sesudah penerapan bebannya. Penurunan pada kondisi ini disebut penurunan segera. Penurunan segera merupakan bentuk penurunan elastis.

Penurunan konsolidasi terjadi pada tanah berbutir halus yang terletak di bawah muka air tanah. Penurunan yang terjadi memerlukan waktu, yang lamanya

tergantung pada kondisi lapisan tanahnya. Penurunan konsolidasi dapat dibagi dalam tiga fase yaitu :

Fase awal, yaitu fase dimana penurunan terjadi dengan segera sesudah beban bekerja. Di sini, penurunan terjadi akibat proses penekanan udara keluar dari dalam pori tanahnya. Pada lempung jenuh, kemungkinan ini sangat kecil. Tetapi dalam lempung tak jenuh, hal ini sangat besar pengaruhnya terhadap penurunan.

Fase konsolidasi primer atau konsolidasi hidrodinamis, yaitu penurunan yang dipengaruhi oleh kecepatan aliran air yang meninggalkan tanahnya akibat adanya tekanan. Proses konsolidasi primer sangat dipengaruhi oleh sifat tanahnya antara lain seperti permeabilitas, kompresibilitas, angka pori dan sebagainya.

Fase konsolidasi sekunder merupakan proses lanjutan dari konsolidasi primer, dimana prosesnya berjalan sangat lambat.

2.3. KONSOLIDASI

2.3.1. Pendahuluan

Apabila suatu lapisan tanah jenuh diberi beban, maka beban tersebut mula-mula akan diterima oleh air pori tanah, ditandai dengan meningkatnya tekanan air pori. Untuk tanah lunak, air pori ini memerlukan waktu yang cukup lama untuk mengalir keluar dikarenakan permeabilitas tanah tersebut yang rendah. Dengan keluarnya air pori tersebut, maka volume tanah akan berkurang. Rongga/pori-pori tanah yang semula berisi air pori kemudian diisi oleh partikel tanah itu sendiri. Beban yang semula diterima oleh air pori secara bertahap akan

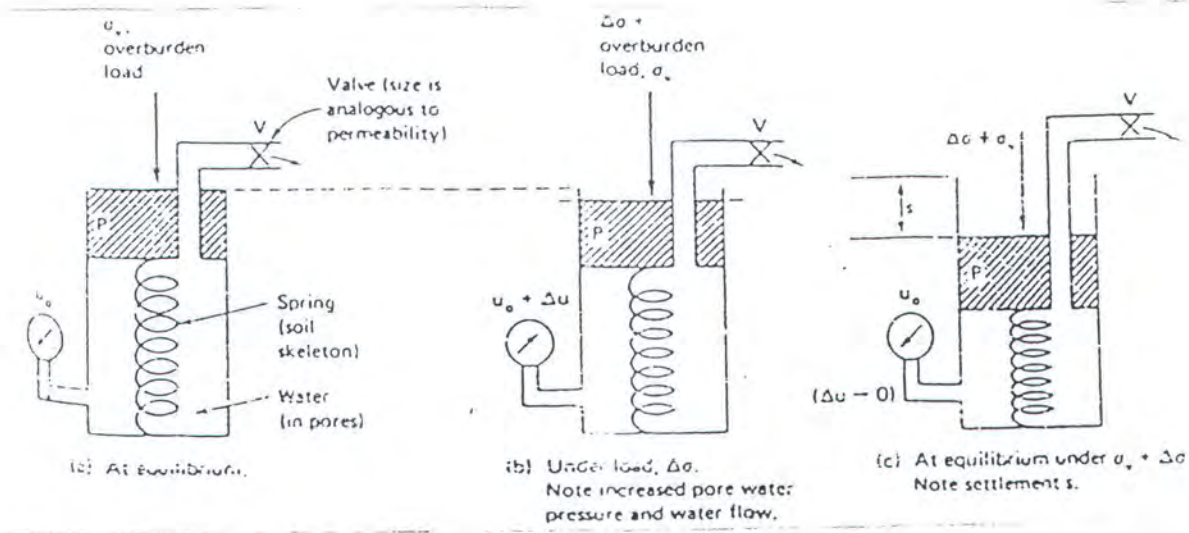
partikel-partikel tanah tersebut. Hal ini yang disebut sebagai proses konsolidasi primer atau sering disebut proses konsolidasi saja.

Pada umumnya proses konsolidasi akan berlangsung dalam satu arah saja, yaitu arah vertikal, kecuali bila terdapat kondisi-kondisi khusus. Hal ini disebabkan lapisan yang dibebani tersebut tidak dapat bergerak secara horisontal karena terdapat tanah di sekelilingnya. Dengan demikian air pori di dalam lapisan tanah akan mengalir dalam arah vertikal saja.

Hal ini yang disebut sebagai konsolidasi satu dimensi (one dimensional consolidation). Apabila diadakan tindakan-tindakan khusus seperti pembuatan drainase/penggunaan vertikal drain, yang memungkinkan terjadinya aliran air pori secara vertikal maupun horisontal, maka akan terjadi konsolidasi tiga dimensi (three dimensional consolidation).

2.3.2. Contoh Model

Suatu proses konsolidasi satu dimensi dapat dibuat dalam sebuah model dimana butir-butir tanah dapat diwakili oleh pegas, air pori tanah diwakili oleh air dan koefisien rembesan (permeabilitas) dapat diwakili oleh besar kecilnya bukaan kran. Pada gambar 2.6, suatu model terdiri dari sebuah bejana di dalamnya diisi air dan sebuah pegas yang dilengkapi manometer untuk mengukur tekanan air serta dipasang sebuah kran untuk jalan keluarnya air.



Gambar 2.6 Model analogi proses konsolidasi (Holtz dan Kovacs, 1981)

Gambar 2.6a : Menunjukkan keadaan seimbang dengan mendapat tekanan σ_v dan kran ditutup tidak ada air yang keluar melalui kran. Tekanan air pada manometer menunjukkan u_0 .

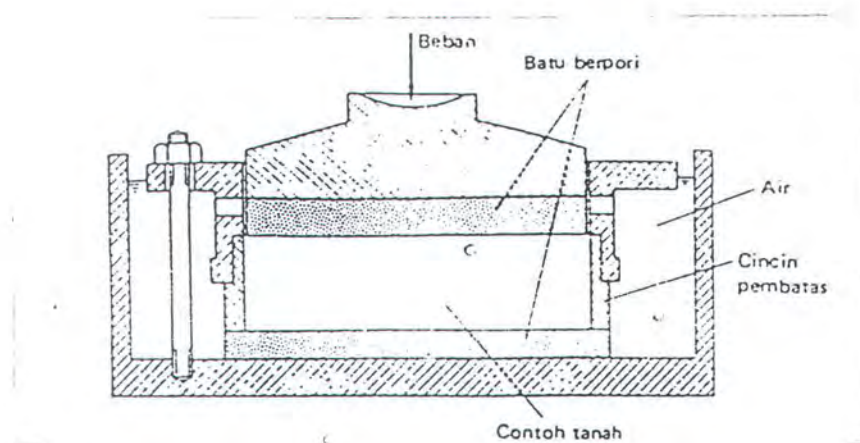
Gambar 2.6b : Kran untuk jalan keluar air ditutup, dan beban ditambah $\Delta\sigma$, didapat tekanan manometer sebesar $(u_0 + \Delta\sigma_v)$. Di sini berarti tambahnya tekanan sepenuhnya diterima oleh air yang ada dalam silinder.

Gambar 2.6c : Kran dibuka sedikit dan perlahan-lahan air keluar dan pada saat itu juga bacaan manometer turun perlahan-lahan dari $(u_0 + \Delta\sigma_v)$ menjadi u_0 lagi. Begitu air sudah tidak keluar lagi manometer menunjukkan tekanan sebesar u_0 , berarti keseimbangan tercapai lagi, sehingga tambahan tekanan yang mula-mula sepenuhnya dipikul air, akhirnya sepenuhnya dipikul pegas.

Hubungan antara contoh model dengan kondisi di lapangan (pada timbunan tanah, beban bangunan dll.) pada saat beban $\Delta\sigma_v$ mulai bekerja, beban tersebut sepenuhnya diterima oleh air pori. Tekanan air pori mula-mula naik kemudian berangsur-angsur berkurang dan tekanan pada butir-butir tanah bertambah sehingga didapat tekanan air pori sama dengan nol, dan $\Delta\sigma_v$ dipikul oleh butir-butir tanah. Untuk terjadinya proses ini dapat lambat atau cepat tergantung dari jenis tanahnya, bila tanah pasir sangat cepat sedang tanah lempung lambat.

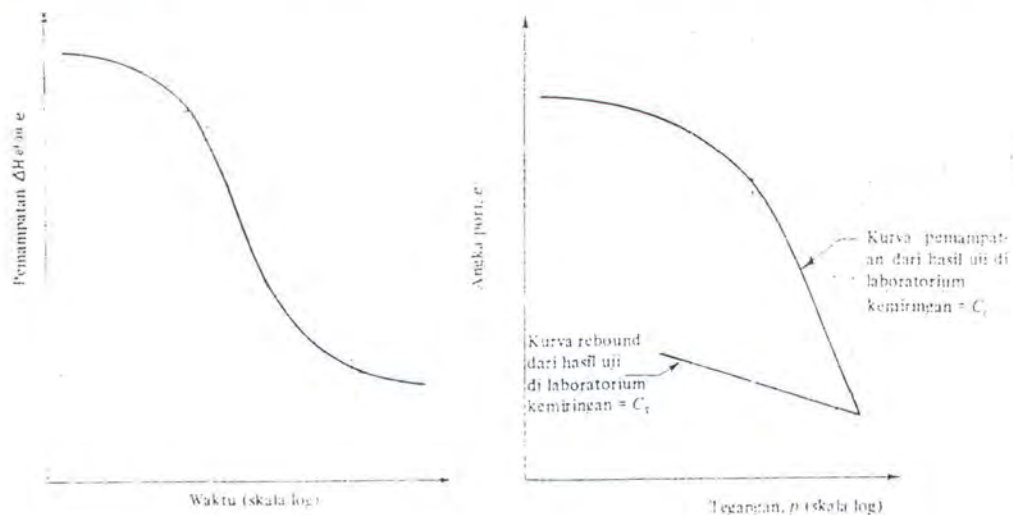
2.3.3. Parameter Konsolidasi

Untuk dapat menentukan settlement suatu lapisan tanah maka perlu diketahui dulu parameter konsolidasinya. Parameter ini didapat dari percobaan di laboratorium. Pengujian konsolidasi satu dimensi biasanya dilakukan dengan alat oedometer atau konsolidometer (Gambar 2.7).



Gambar 2.7 Oedometer (Holtz dan Kovacs, 1981)

Uji konsolidasi standar dilakukan pada contoh tanah dengan diameter 2,5” (63,5 mm) dan tebal 1” (25,4 mm). Contoh tanah diletakkan ke dalam sebuah cincin logam kemudian diletakkan di antara dua lapisan batu pori untuk memungkinkan keluarnya air ke atas dan ke bawah. Pembebanan pada contoh tanah biasanya diberikan selama 24 jam. Setelah itu, beban dinaikkan sampai dengan dua kali lipat beban sebelumnya.. Selama percobaan contoh tanah selalu direndam air. Pemampatan contoh tanah diukur dengan skala ukur (Das, 1993). Bentuk grafik hasil dari percobaan konsolidasi seperti pada gambar 2.8a dan 2.8b.



Gambar 2.8a Grafik hubungan ΔH atau e terhadap $\log t$
2.8b Grafik hubungan e terhadap $\log p'$ (Das, 1994)

Adapun parameter-parameter konsolidasi adalah sebagai berikut :

1. Koefisien Pemampatan (a_v), didefinisikan sebagai perbandingan antara perubahan angka pori dengan perubahan tegangan efektif.

$$a_v = \frac{\Delta e}{\Delta p'} \quad (2.2)$$

2. Koefisien Perubahan Volume (m_v) didefinisikan sebagai perubahan volume persatuan penambahan tegangan.

$$m_v = \frac{a_v}{1 + e} \quad (2.3)$$

3. Indeks Pemampatan (C_c) adalah kemiringan dari kurva pemampatan seperti pada gambar 2.8b.

$$C_c = \frac{e_1 - e_2}{\log p_2' - \log p_1'} = \frac{\Delta e}{\log (p_2'/p_1')} \quad (2.4)$$

Untuk tanah terkonsolidasi normal, Terzaghi dan Peck (1967) memberikan hubungan angka kompresi C_c yaitu :

$$C_c = 0,009 (LL - 10) \quad (2.5)$$

Sedangkan untuk tanah lempung dibentuk kembali (remolded) adalah :

$$C_c = 0,007 (LL - 10) \quad (2.6)$$

Bowles (1986) menyarankan persamaan berikut dengan keandalan sekitar 86% :

$$C_c = 0,37 (e_0 + 0,003 LL - 0,0004 w_N - 0,34) \quad (2.7)$$

dimana : LL = batas cair ; w_N = kadar uap air

4. Indeks Pemuaian (C_s) adalah kemiringan dari kurva pantul (rebound) seperti pada gambar 2.8b.

Indeks pemuaian biasanya adalah lebih kecil daripada indeks pemampatan.

Pada umumnya besarnya adalah :

$$C_s = 0,1 - 0,2 C_c \tag{2.8}$$

5. Koefisien Konsolidasi (C_v) adalah suatu konstanta yang dijabarkan dari teori konsolidasi.

$$C_v = \frac{k}{m_v \gamma_w} \tag{2.9}$$

dimana : k = daya rembes tanah; γ_w = berat volume air

Nilai C_v juga dapat diperoleh dari kurva penurunan-log waktu (Gambar 2.8a).

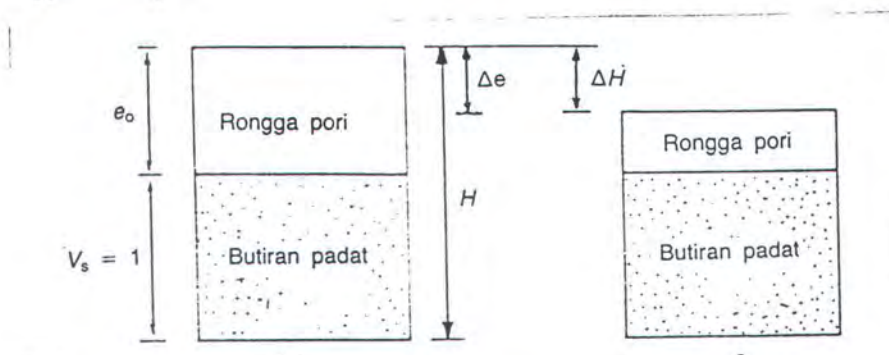
6. Tekanan prakonsolidasi (p_c') adalah nilai tekanan maksimum yang pernah dialami oleh suatu tanah.

Nilai p_c' dapat diperoleh dari kurva hubungan e -log p' (Gambar 2.8b)

2.3.4. Penurunan Konsolidasi

Pada konsolidasi satu dimensi, perubahan tinggi ΔH per satuan tinggi awal H adalah sama dengan perubahan volume ΔV per satuan volume awal V , atau

$$\frac{\Delta H}{H} = \frac{\Delta V}{V} \tag{2.10}$$



Gambar 2.9 Idealisasi proses konsolidasi (Hardiyatmo, 1994)

Bila volume padat $V_s = 1$ dan volume pori awal adalah e_0 , maka kedudukan akhir dari proses konsolidasi dapat dilihat pada gambar 2.9. Volume padat besarnya tetap, angka pori berkurang karena adanya Δe . Dari gambar 2.9 dapat diperoleh persamaan :

$$\frac{\Delta H}{H} = \frac{\Delta e}{1 + e_0} \quad (2.11)$$

Dari persamaan 2.4 didapat $\Delta e = C_c (\log p_2' - \log p_1')$, substitusikan ke persamaan 2.11 maka didapat persamaan penurunan konsolidasi :

$$S_c = \Delta H = C_c \frac{H}{1 + e_0} \log \frac{p_2'}{p_1'} \quad (2.12)$$

Untuk lempung yang terkonsolidasi normal dengan penambahan tekanan efektif sebesar Δp , diperoleh $p_2' = p_0' + \Delta p$ dan $p_1' = p_0'$ maka persamaan 2.12 menjadi :

$$S_c = C_c \frac{H}{1 + e_0} \log \frac{p_0' + \Delta p}{p_0'} \quad (2.13)$$

Untuk lempung terkonsolidasi lebih,

a. Bila $p_0' + \Delta p < p_c'$ maka

$$S_c = C_s \frac{H}{1 + e_0} \log \frac{p_0' + \Delta p}{p_0'} \quad (2.14)$$

b. Bila $p_0' + \Delta p > p_c'$ maka

$$S_c = C_s \frac{H}{1 + e_0} \log \frac{p_c'}{p_0'} + C_c \frac{H}{1 + e_0} \log \frac{p_0' + \Delta p}{p_c'} \quad (2.15)$$

dimana : p_0 = tekanan overburden efektif

Δp = penambahan tekanan vertikal = tekanan akibat beban

2.3.5. Kecepatan Waktu Penurunan

2.3.5.1. Derajat Penurunan Konsolidasi

Perkembangan proses konsolidasi akibat kenaikan tegangan total tertentu dapat dinyatakan dalam angka yakni disebut derajat konsolidasi (U). Karena konsolidasi merupakan proses keluarnya air pori maka derajat konsolidasi pada jarak z pada waktu t adalah :

$$U_z = \frac{u_0 - u_z}{u_0} = 1 - \frac{u_z}{u_0} \quad (2.16)$$

dimana : u_0 = tekanan air pori awal

u_z = tekanan air pori pada kedalaman z

Derajat konsolidasi rata-rata pada waktu tertentu dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$U = \frac{S_t}{S_f} \quad (2.17)$$

dimana : S_t = penurunan pada saat t

S_f = penurunan total/final akibat beban

2.3.5.2. Teori Konsolidasi Satu Dimensi

Terzaghi (1943) yang pertama memperkenalkan teori konsolidasi satu dimensi. Teori tersebut didasarkan pada asumsi-asumsi :

1. Tanah adalah homogen.
2. Tanah lempung dalam keadaan jenuh sempurna.
3. Partikel padat dan air tidak mudah mampat.

4. Arah pemampatan dan aliran air pori adalah vertikal (1 dimensi).
5. Hukum Darcy berlaku $v = k.i$.

Pada kondisi tekanan air pori yang konstan di seluruh lapisan lempung,

Terzaghi (1943) merumuskan persamaan :

$$U_v = 1 - \sum_{m=0}^{m=\infty} \frac{2}{M^2} e^{-M^2 T_v} \quad (2.18)$$

$$U_v = f(T_v) \quad (2.19)$$

dimana :

$$\begin{aligned} M &= (2m + 1) \pi/2 \\ T_v &= C_v t / H^2 = \text{faktor waktu untuk drainase vertikal} \\ t &= \text{waktu} \\ C_v &= \text{koefisien konsolidasi vertikal} \\ H &= \text{lintasan drainase terpanjang, drainase 2 arah} = \frac{1}{2}H \end{aligned} \quad (2.20)$$

Persamaan 2.18 disebut juga derajat konsolidasi satu dimensi rata-rata atau derajat konsolidasi vertikal rata-rata.

Variasi derajat konsolidasi vertikal rata-rata terhadap faktor waktu yang tak berdimensi yang berlaku untuk keadaan dimana u_0 adalah sama untuk seluruh kedalaman lapisan yang mengalami konsolidasi diberikan dalam tabel 2.2 dan gambar 2.10.

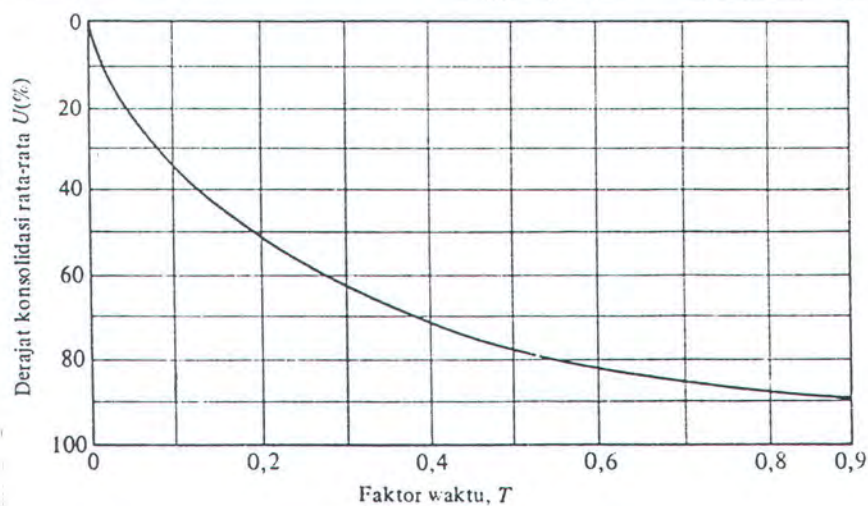
Harga faktor waktu dan derajat konsolidasi vertikal rata-rata yang bersesuaian dengan keadaan yang diberikan dalam tabel 2.2 dapat dinyatakan dalam persamaan empiris sebagai berikut :

$$\text{a. untuk } U_v < 60\%, \quad T_v = \frac{\pi}{4} \left(\frac{U_v \%}{100} \right)^2 \quad (2.21)$$

$$\text{b. untuk } U_v > 60\%, \quad T_v = 1,781 - 0,933 \log (100 - U_v \%) \quad (2.22)$$

Tabel 2.2 Variasi faktor waktu terhadap derajat konsolidasi vertikal (Das, 1993)

$U_v \%$	T_v	$U_v \%$	T_v
0	0	60	0,287
10	0,008	70	0,403
20	0,031	80	0,567
30	0,071	90	0,848
40	0,126	100	∞
50	0,197		



Gambar 2.10 Grafik hubungan U_v dengan T_v (Das, 1993)

2.3.6. Teori Konsolidasi Tiga Dimensi

Pada konsolidasi tiga dimensi, beban permukaan menyebabkan keluarnya air pori pada dua arah yaitu arah vertikal dan horisontal.

Contoh yang umum dari konsolidasi tiga dimensi adalah penggunaan vertikal drain dalam lapisan tanah yang merupakan kombinasi konsolidasi radial (dua dimensi dalam bidang horisontal) dan konsolidasi vertikal.

Untuk konsolidasi radial, rata-rata derajat konsolidasinya, Rendulic (1935) memberikan perumusan :

$$U_r = 1 - \exp \frac{-8 T_r}{\alpha} \quad (2.23)$$

$$U_r = f(T_r) \quad (2.24)$$

dimana : $T_r = C_h t / D^2 =$ faktor waktu untuk drainase radial (2.25)

$C_h =$ koefisien konsolidasi horisontal (radial)

$t =$ waktu

$D =$ diameter ekuivalen dari silinder tanah di sekeliling drain

$n = D / d$

$d =$ diameter drain

$\alpha = [n^2 \ln n / (n^2 - 1)] - [(3n^2 - 1) / 4n^2]$ (2.26)

Persamaan 2.26 bila dibentuk menjadi :

$$\alpha = \frac{n^2}{n^2 - 1} \left[\ln(n) - \frac{3}{4} + \frac{1}{n^2} \left(1 - \frac{1}{4n^2} \right) \right]$$

maka untuk $n > 8$, maka faktor $\frac{n^2}{n^2 - 1} = 1$ dan faktor $\frac{1}{n^2} \left(1 - \frac{1}{4n^2} \right)$ dapat diabaikan

sehingga persamaan tersebut menjadi :

$$\alpha = \ln(n) - (3/4) \quad (2.27)$$

Koefisien konsolidasi horisontal dapat diperoleh dari nilai koefisien konsolidasi vertikal, C_v dengan menggunakan persamaan pendekatan :

$$C_h = \left(\frac{k_h}{k_v} \right) C_v \quad \text{atau} \quad (2.28)$$

$$C_h = \frac{k_h}{m_v \cdot \gamma_w} \quad (2.29)$$

dimana : k_h = koefisien rembesan horisontal
 k_v = koefisien rembesan vertikal
 m_v = koefisien perubahan volume
 γ_w = berat volume air

Perkiraan perbandingan koefisien konsolidasi horisontal dan vertikal (k_h/k_v) untuk tanah lempung dapat diperoleh dari data yang diberikan oleh Rixner (1983) pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Nilai yang mungkin dari rasio k_h/k_v untuk tanah lunak (Rixner, 1983)

Nature of clay	k_h/k_v
no or slightly developed macrofabric, essentially homogenous deposits	1 - 1.5
from fairly well to well developed macrofabric, e.g. sedimentary clays with discontinuous lenses and layers of more permeable material	2 - 4
varved clays and other deposits containing embedded and more or less continuous permeable layers	3 - 5

Dengan demikian, derajat konsolidasi rata-rata untuk kombinasi konsolidasi vertikal dan konsolidasi radial dapat dihitung dengan persamaan yang diberikan oleh Carillo (1942) yaitu :

$$U_{vr} = 1 - (1 - U_v) \cdot (1 - U_r) \quad (2.30)$$

dimana : U_{vr} = derajat konsolidasi kombinasi
 U_v = derajat konsolidasi vertikal rata-rata
 U_r = derajat konsolidasi radial rata-rata

2.4. JARAK DAN POLA PEMASANGAN DRAIN

Pola pemasangan vertikal drain terdapat dua macam yaitu pola segi tiga dan pola segi empat (gambar 2.11). Pola tersebut mempengaruhi besarnya diameter ekivalen dari silinder tanah di sekitar drain (D) dalam persamaan 2.23.

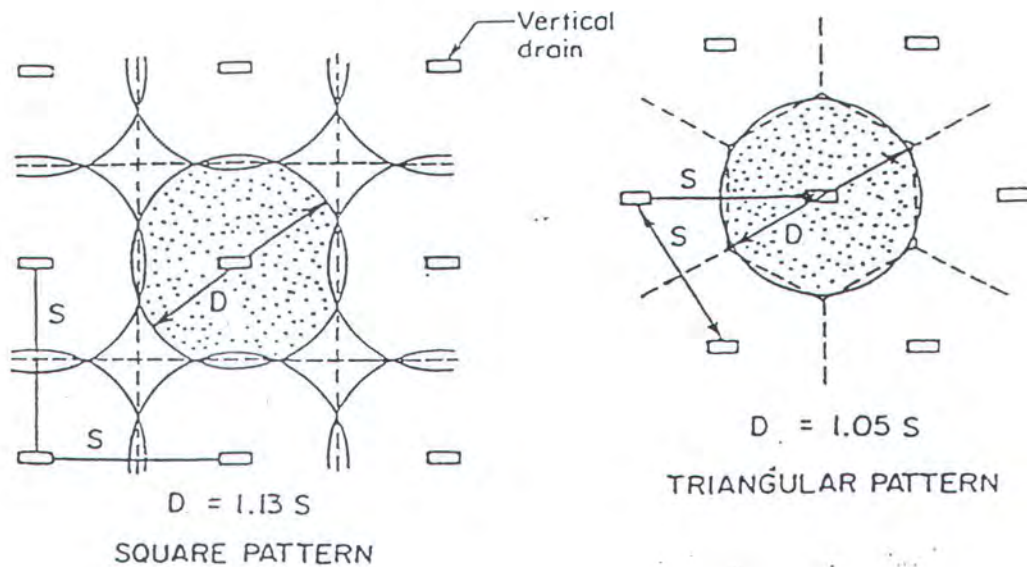
Untuk pola segi tiga diasumsikan bahwa luas lingkaran dari diameter silinder tanah sama dengan luas jajaran genjang yaitu :

$$\frac{\pi D^2}{4} = \frac{s^2 \sqrt{3}}{2} \quad \text{maka } D = 1,05 s \quad (2.31)$$

dengan s = jarak antar vertikal drain; sedangkan pola segi empat diasumsikan bahwa luas lingkaran dari diameter silinder tanah sama dengan luas segi empat yaitu :

$$\frac{\pi D^2}{4} = s^2 \quad \text{maka } D = 1,13 s \quad (2.32)$$

Jarak antar vertikal drain dalam praktek biasanya diambil antara 1-3 m (Wahyudi, 1994)



Gambar 2.11 Pola pemasangan vertikal drain (Hausmann, 1990)

Karena synthetic vertical drain mempunyai penampang berbentuk persegi panjang sedangkan dalam teori konsolidasi tiga dimensi menganggap drain mempunyai penampang berbentuk lingkaran maka diameter drain (d) dalam persamaan (2.23) menjadi diameter ekuivalen seperti yang diberikan Hansbo (1979) :

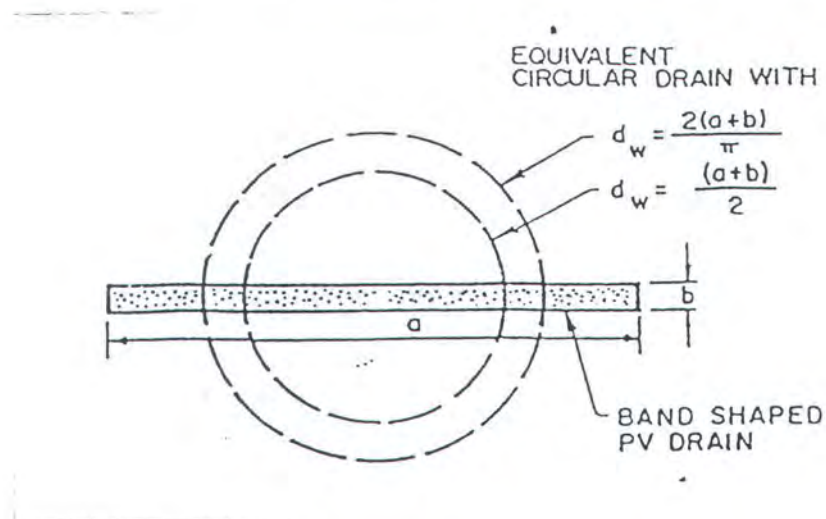
$$d = \frac{2(a + b)}{\pi} \quad (2.33)$$

dimana : a = lebar dari vertika drain
 b = tebal dari vertikal drain

Studi elemen hingga yang dilakukan Rixner (1986) dan didukung oleh Hansbo (1987) menyarankan, diameter ekuivalen vertikal drain dalam praktek adalah :

$$d = \frac{(a + b)}{2} \quad (2.34)$$

Perbandingan antara kedua diameter di atas dapat dilihat pada gambar 2.12



Gambar 2.12 Diameter ekivalen dari vertikal drain (Wahyudi, 1994)

2.5. PENYEBARAN TEKANAN KE DALAM TANAH

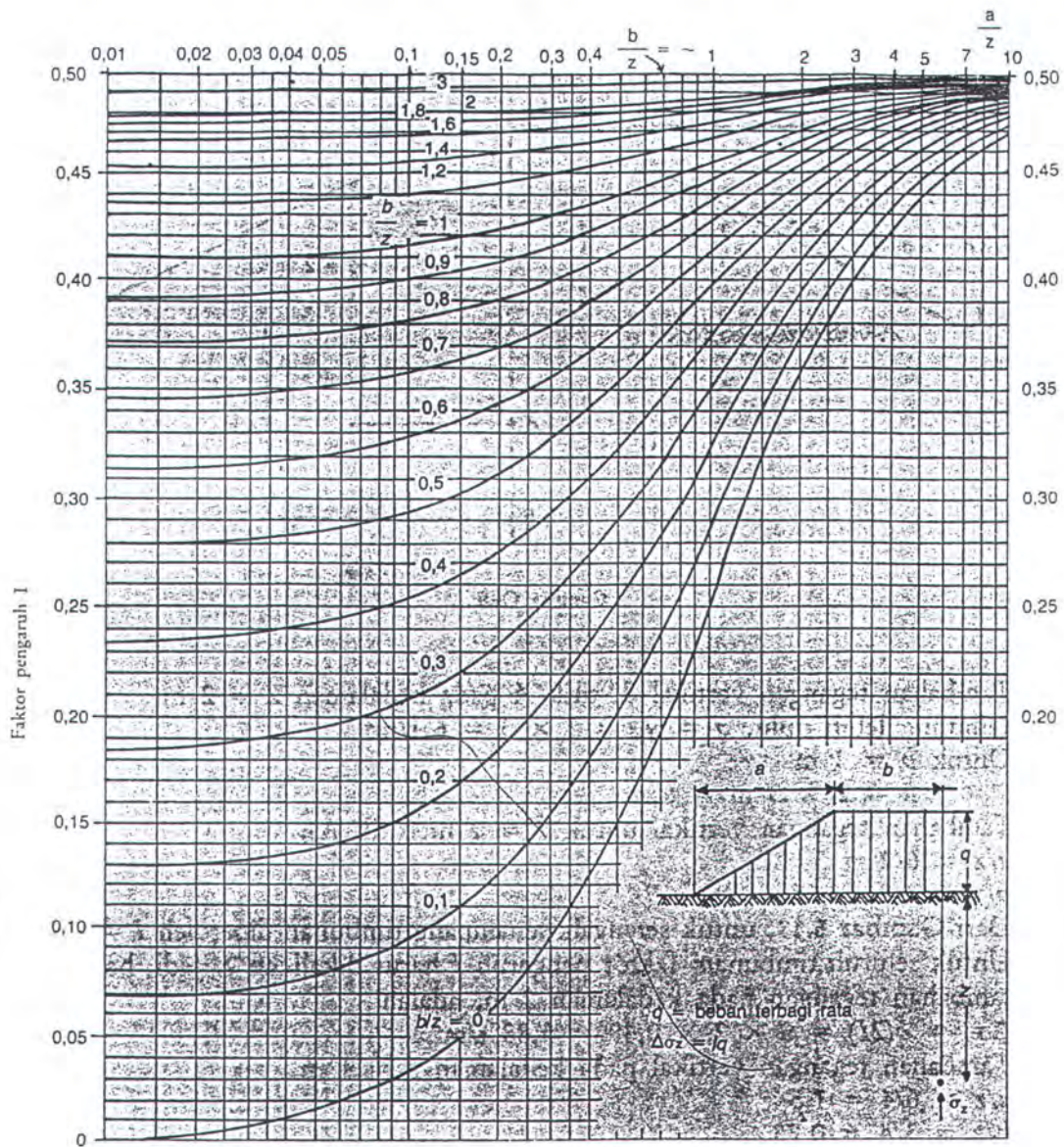
Jika suatu beban diterapkan pada lapisan tanah, maka beban akan tersebar ke dalam tanah secara tidak merata. Pengaruh beban tersebut semakin kecil dengan bertambahnya kedalaman. Besar tekanan yang diterima pada tiap-tiap kedalaman yang ditinjau dapat dihitung dengan menggunakan metode distribusi tekanan yang diperkenalkan oleh Osterberg (1957), yaitu :

$$\Delta p = I \cdot p \quad (2.35)$$

dimana : Δp = penambahan tekanan

p = beban terbagi merata (seperti timbunan)

I = faktor pengaruh ditentukan grafik Osterberg (Gambar 2.13)



Gambar 2.13 Grafik Osterberg (1957)

2.6. DAYA DUKUNG TANAH

Suatu lapisan tanah lempung yang akan diberi beban berupa timbunan maka harus diperhitungkan dulu kemampuan lapisan tanah tersebut untuk mendukung beban yang ada. Bila beban melebihi kemampuan dukungnya maka tanah dasar akan mengalami keruntuhan.

Besar daya dukung tanah lempung menurut Terzaghi (1943) :

$$q_{ult} = c \cdot N_c \quad (2.36)$$

$$q_{all} = \gamma_t \cdot H_{all} \quad (2.37)$$

$$q_{all} = \frac{q_{ult}}{FS} \quad (2.38)$$

dimana : q_{ult} = daya dukung ultimate
 q_{all} = daya dukung ijin
 FS = faktor keamanan = 3
 c = kohesi tanah
 N_c = faktor daya dukung tanah = 5,7
 γ_t = berat isi tanah timbunan
 H_{all} = tinggi timbunan ijin

Jadi besar beban timbunan yang masih mampu didukung oleh lapisan tanah dapat dihitung dengan :

$$H_{all} = \frac{c \cdot N_c}{\gamma_t \cdot FS} \quad (2.39)$$

Tinggi timbunan ijin (H_{all}) dipakai sebagai pedoman dalam menentukan pelaksanaan preloading. Apabila H_{all} lebih besar daripada tinggi timbunan yang akan direncanakan maka preloading dilakukan secara langsung, tetapi bila H_{all} lebih kecil maka preloading akan dilakukan secara bertahap.

Bila preloading dilakukan secara bertahap maka akan terjadi peningkatan daya dukung tanah. Perumusan yang dipakai untuk menghitung peningkatan daya

dukung tanah menurut Mesri (1975) adalah :

$$\frac{\Delta c_u}{\Delta \sigma_v} = 0,22 \quad (2.40)$$

dimana : Δc_u = kenaikan kohesi tanah
 $\Delta \sigma_v$ = kenaikan tekanan vertikal akibat beban



BAB III

DATA TANAH

BAB III

DATA TANAH

3.1. PENDAHULUAN

Sebelum proyek pembangunan lapangan peti kemas Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya dilaksanakan, maka PT. Pelindo III sebagai pemilik proyek tersebut telah menunjuk PT Arena Rekapersada Trimarta selaku kontraktor untuk melakukan penyelidikan tanah di areal yang dimaksud.

Pekerjaan yang dilakukan adalah berupa dua boring sedalam 30 m dengan pembacaan SPT, Vane serta pengambilan contoh tanah undisturbed guna pengujian lanjutan di laboratorium. Jumlah, jenis dan lokasi titik penyelidikan telah ditentukan oleh pemberi tugas.

Tujuan dari penyelidikan tanah ini adalah untuk mendapatkan data teknik tanah dasar setempat guna perencanaan timbunan untuk meningkatkan daya dukung tanah sebagai pendukung tumpukan peti kemas. Pekerjaan di lapangan telah dilakukan pada tanggal 13 -21 Mei 1997.

Berikut ini merupakan hasil laporan penyelidikan tanah di lokasi yang dimaksud.

3.2. PEKERJAAN LAPANGAN

Posisi titik-titik boring dapat dilihat pada gambar 3.1. Boring-dalam dilaksanakan dengan mesin Yoshida YSO-1, dengan metode straight flushed rotary drilling.

Standard Penetration Test (SPT) dilaksanakan dengan tabung tipe AWX-18", dan metode pelepasan hammernya adalah automatic tripped. SPT ini merupakan indikator kekuatan tanah di samping untuk mendapatkan contoh tanah yang disturbed.

Pengambilan contoh tanah undisturbed dengan fixed piston sampling method pada lapis tanah atas yang lunak dan dengan cara open drive sampling pada lapis tanah yang lebih kaku di bawah kedalaman 20 m. Tabung contoh tanah yang dipakai dari stainless-steel ukuran diameter 73 mm - 80 mm.

Vane Shear Test (VST) dilaksanakan dengan alat vane tipe Acker (tidak berselubung). Vane yang dipakai berdiameter 2,5" dan lengan torsi 18". Pembacaan vane dilakukan pada kondisi undisturbed maupun remolded untuk mengetahui sensitivity atau kepekaan dari tanah bersangkutan.

3.3. PEKERJAAN LABORATORIUM

Pengujian di laboratorium atas contoh tanah undisturbed dilakukan terutama untuk mengetahui sifat deformasi seta kekuatan tanah guna perkiraan daya dukung serta analisa penurunan. Contoh tanah undisturbed yang didapat ternyata termasuk jenis lempung kepasiran.

3.3.1. Uji Konsolidasi

Konsolidasi dilaksanakan untuk mempelajari perilaku pemampatan tanah kelempungan. Pengujian ini dilaksanakan dalam oedometer tipe Bishop dengan

spesimen uji berukuran diameter 70 mm - 20 mm. Drainase diberikan secara ganda di atas dan di bawah spesimen uji.

Pembebanan dilakukan secara bertahap. Pembebanan awal adalah $2,5 \text{ t/m}^2$ dilanjutkan hingga 80 t/m^2 untuk kemudian rebound.

3.3.2. Uji Kekuatan Tanah

Pengujian kekuatan tanah dilakukan dalam alat triaxial dengan kondisi pembebanan cepat atau UU (unconsolidated undrained). Pengujian triaxial-UU dilakukan atas contoh tanah yang berbentuk silinder berukuran diameter 38 mm - 76 mm sebagai spesimen ujinya.

Pengujian dilakukan tanpa dengan melalui penjenjuran terlebih dahulu. Pemberian beban diberikan secara teratur dengan kecepatan regangan konstan $0,76 \text{ mm/menit}$.

3.4. HASIL TES DAN PENYELIDIKAN

3.4.1. Umum

Dari dua buah boring yang dilakukan pada posisi yang cukup berjauhan, dapatlah disimpulkan bahwa :

- Tanah tidak homogen dan tidak seragam. Namun berdasarkan ringkasan SPT dan kedalaman masih dapat diidealisasikan kondisi tanahnya seperti pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Kondisi lapisan tanah (PT. Arena Rekapersada Trimarta,1997)

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	Parameter Tanah
0,0 - 2,7	Pasir halus	$\gamma=1,9 \text{ t/m}^3$ N-SPT=10 $\phi=29^0$
2,7 - 6,6	Lempung kepasiran lunak	$\gamma=1,543 \text{ t/m}^3$ $e=2,055$ $C_c=0,759$ $C_v=1,5 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{det}$ $s_u=1,4 \text{ t/m}^2$
6,6 - 20,0	Lempung kepasiran lunak	$\gamma=1,476 \text{ t/m}^3$ $e=2,113$ $C_c=0,913$ $C_v=1,7 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{det}$ $s_u=1,35 \text{ t/m}^2$
20,0 - 28,0	Lempung lunak	$\gamma=1,488 \text{ t/m}^3$ $e=2,047$ $C_c=0,759$ $C_v=1,4 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{det}$ $s_u=1,45 \text{ t/m}^2$
28,0 - 30,0	Lempung kelanauan	$\gamma=1,536 \text{ t/m}^3$ $e=2,125$ $C_c=1,008$ $C_v=1,6 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{det}$ $s_u=1,47 \text{ t/m}^2$

Keterangan :

- s_u = kuat geser undrained
- ϕ = sudut geser
- γ = berat volume
- e = angka pori
- C_c = indeks pemampatan
- C_v = koefisien konsolidasi

- Tanah merupakan hasil endapan marina yang terseling endapan alluvial. Tanah yang dominan adalah lempung dengan kandungan pasir halus yang cukup berarti. Lapisan teratas setebal 2 - 3 m didominasi oleh pasir halus medium rapat. Lapisan ini diduga merupakan urugan di masa lalu.
- Muka air terukur pada kedalaman 2,7 m dari muka tanah setempat dan dalam hal ini dapat dianggap sebagai muka air setempat.

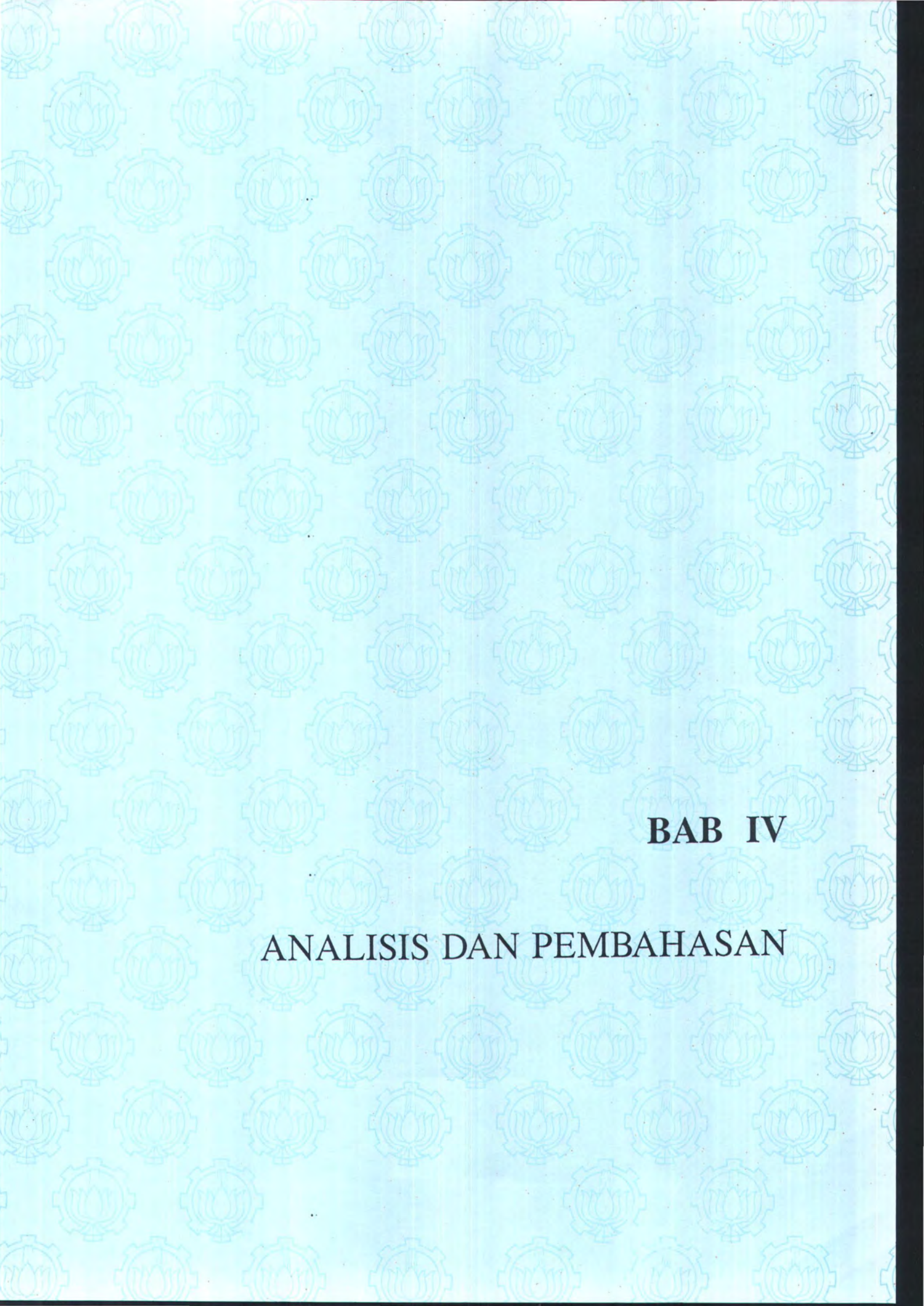
3.4.2. Kekuatan Geser Tanah

Secara garis besar dapat dikatakan bahwa kokoh geser tanah undrained, s_u yang didapat dari uji vane berada sekitar $s_u = 2,5 \text{ t/m}^2$. Hasil pembacaan vane juga membuktikan bahwa lempung di lokasi ini, dengan sensitivity rendah, termasuk tak sensitif terhadap gangguan.

Hasil triaxial-UU atas spesimen uji menunjukkan adanya nilai ϕ dan c yang tidak menentu. Pada tekanan yang tinggi, $\sigma_3 = 1 \text{ kg/cm}^2$, rata-rata didapat harga c yang telah konsisten sebesar $1,4 \text{ t/m}^2$ dengan $\phi = 0^\circ$. Nilai c ini merupakan s_u rata-rata tanah kelempungan yang dijumpai.

3.4.3. Kompresibilitas Tanah

Tanah termasuk kompresibel dengan indeks kompresi mencapai $C_c = 1$. Koefisien konsolidasi C_v , yang menentukan waktu konsolidasi, berada antara $0,9 - 1,7 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{det}$, atau sekitar $0,3 - 0,5 \text{ m}^2/\text{tahun}$. Sehingga waktu untuk tanah mengalami pemampatan agak berjalan sangat lama.



BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. KETENTUAN RENCANA PERBAIKAN

Perencanaan perbaikan tanah di lapangan penumpukan peti kemas Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya dilakukan dengan metode preloading dengan menggunakan vertikal drain. Adapun beberapa ketentuan yang diambil dalam perhitungan adalah sebagai berikut :

1. Beban rencana bangunan sebesar 3 t/m^2 .
2. Elevasi akhir untuk areal tersebut adalah $+ 2,00 \text{ m}$.
3. Vertikal drain yang dipakai colbond CX-1000.
4. Preloading dengan tinggi $5,5 \text{ m}$.
5. Luas areal lapangan adalah 8 hektar .
6. Jangka waktu untuk perbaikan tanah dasar selama satu tahun.
7. Parameter tanah dasar dan tebal lapisan yang ditinjau sebagai berikut :

No.	Kedalaman (m)	H (m)	γ (t/m^3)	ϕ	c (t/m^2)	C_c	e_o
1	2.7–6.6	3.9	1,543	0°	1,4	0.759	2.055
2	6.6--10.0	3.4	1,476	0°	1,4	0.913	2.113
3	10.0—15.0	5.0	1,476	0°	1,4	0.913	2.113
4	15.0—20.0	5.0	1,476	0°	1,4	0.913	2.113
5	20.0—25.0	5.0	1,488	0°	1,4	0.885	2.407
6	25.0—28.0	3.0	1,488	0°	1,4	0.885	2.407
7	28.0—30.0	2.0	1,536	0°	1,4	1.008	2.125

4.2. PERHITUNGAN PENURUNAN

Karena areal yang diberi beban sangat luas, maka dalam persamaan 2.35 nilai $I = 1$. Hal ini berarti besar penambahan tekanan Δp akibat beban timbunan untuk setiap kedalaman adalah dianggap sama.

Dalam perhitungan penurunan, untuk tanah lempung terkonsolidasi normal menggunakan persamaan 2.13. Penurunan dihitung untuk tiap-tiap lapisan tanah lempung. Untuk lapisan tanah pasir, penurunan yang terjadi akibat beban termasuk penurunan segera (Nakazawa, 1994) sehingga perhitungan penurunan konsolidasi hanya pada lapisan tanah lempung.

4.2.1. Penurunan Akibat Beban Rencana

Beban rencana terdiri dari beban timbunan dengan $\gamma_t = 1,9 \text{ t/m}^3$ dengan tinggi 2 m dan beban rencana bangunan sebesar 3 t/m^2 sehingga tekanan tambahan akibat beban rencana, $\Delta p = 6,8 \text{ t/m}^2$. Perhitungan penurunannya diberikan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Penurunan akibat beban rencana

No.	Kedalaman (m)	H (m)	C_c	e_o	p_o (ton/m ²)	Δp (ton/m ²)	$S_{(t)}$ (m)
1	2.7--6.6	3.9	0.759	2.055	4.6589	6.8	0.3787
2	6.6--10.0	3.4	0.913	2.113	6.5269	6.8	0.3091
3	10.0--15.0	5.0	0.913	2.113	8.5261	6.8	0.3735
4	15.0--20.0	5.0	0.913	2.113	10.9061	6.8	0.3086
5	20.0--25.0	5.0	0.885	2.407	13.3161	6.8	0.2327
6	25.0--28.0	3.0	0.885	2.407	15.2681	6.8	0.1247
7	28.0--30.0	2.0	1.008	2.125	16.5361	6.8	0.0965
$\Sigma =$							1.8238

Penurunan yang terjadi sebesar 1,8238 m harus dihilangkan agar tidak mengalami penurunan lagi pada waktu lapangan peti kemas dibangun.

Bila proses konsolidasi primernya harus mencapai 80% maka berdasarkan harga T_v (faktor waktu) dari tabel 2.2 dan dengan memakai persamaan 2.20, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai konsolidasi 80% adalah 845 tahun. Jadi untuk menghilangkan penurunan akibat beban rencana, dibutuhkan waktu yang sangat lama.

4.2.2. Penurunan Akibat Beban Preloading

Tinggi preload yang digunakan adalah $H = 5,5$ m maka tekanan tambahan akibat preloading, $\Delta p = 1,9 \text{ t/m}^3 \times 5,5 \text{ m} = 10,45 \text{ t/m}^2$. Hal ini berarti diterapkannya beban berlebih disebut juga surcharge. Perhitungan penurunannya diberikan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Penurunan akibat beban preloading

No.	Kedalaman (m)	H (m)	C_c	e_o	p_o (ton/m ²)	Δp (ton/m ²)	$S_{(t)}$ (m)
1	2.7--6.6	3.9	0.759	2.055	4.6589	10.45	0.4951
2	6.6--10.0	3.4	0.913	2.113	6.5269	10.45	0.4140
3	10.0--15.0	5.0	0.913	2.113	8.5261	10.45	0.5095
4	15.0--20.0	5.0	0.913	2.113	10.9061	10.45	0.4280
5	20.0--25.0	5.0	0.885	2.407	13.3161	10.45	0.3268
6	25.0--28.0	3.0	0.885	2.407	15.2681	10.45	0.1765
7	28.0--30.0	2.0	1.008	2.125	16.5361	10.45	0.1372
$\Sigma =$							2.4870

4.3. DESAIN VERTIKAL DRAIN

Desain vertikal drain berhubungan dengan penentuan pola dan jarak antar vertikal drain pada waktu diterapkan di lokasi. Urutan langkah-langkah mendesain vertikal drain menurut Hausmann (1990) adalah sebagai berikut :

1. Menghitung derajat konsolidasi vertikal (U_v) dengan persamaan 2.18, dimana $C_v = 0,5 \text{ m}^2/\text{tahun}$ dan $t = 1 \text{ tahun}$.
2. Menghitung derajat konsolidasi kombinasi (U_{vr}) dari perbandingan besar penurunan akibat beban rencana dengan besar penurunan akibat beban preloading.
3. Menghitung derajat konsolidasi radial (U_r) dengan persamaan 2.30.
4. Menghitung diameter ekivalen vertikal drain (d) dengan persamaan 2.34.
5. Melakukan iterasi dengan persamaan 2.23 untuk mendapatkan jarak antar drain dengan pola segitiga, dimana $C_h = 1 \text{ m}^2/\text{tahun}$ dan nilai D sesuai persamaan 2.31.
6. Melakukan iterasi dengan persamaan 2.23 untuk mendapatkan jarak antar drain dengan pola segiempat, dimana $C_h = 1 \text{ m}^2/\text{tahun}$ dan nilai D sesuai persamaan 2.32.

Sebelum melakukan iterasi, persamaan 2.3 dibentuk menjadi

$$D^2 = \frac{-8 C_h t}{\alpha \ln (1 - U_r)} \quad (4.1)$$

Dari persamaan 4.1, nilai s (jarak antar vertikal drain) terdapat di kedua sisi persamaan setelah nilai D diganti dengan $D = 1,05s$ (untuk pola segi tiga) atau dengan $D = 1,13s$ (untuk pola segi empat) sehingga dapat dilakukan iterasi. Nilai awal untuk jarak antar vertikal (s) adalah 1 m.

Dari hasil iterasi pada tabel 4.3 dan tabel 4.4 didapat desain drain sebagai berikut : untuk pemasangan drain dengan pola segitiga menghasilkan jarak antar drain sejauh 1,47 m, sedangkan untuk pemasangan drain dengan pola segiempat menghasilkan jarak sejauh 1,37 m.

Jadi dengan mempertimbangkan dari segi ekonomi yaitu banyaknya drain yang digunakan untuk luas areal yang sama maka untuk estimasi desain drain dipakai pola segitiga dengan jarak 1,47 m.

Tabel 4.3 Iterasi jarak antar drain dengan pola segitiga

S_{awal} (m)	$n = D/d$	$\text{Ln} (n) - 0.75$	S_{akhir} (m)
1.000000	19.811321	2.236254	1.596561
1.596561	31.629984	2.704106	1.451892
1.451892	28.763894	2.609121	1.478083
1.478083	29.282786	2.627000	1.473045
1.473045	29.182969	2.623585	1.474003
1.474003	29.201953	2.624236	1.473821
1.473821	29.198335	2.624112	1.473856
1.473856	29.199024	2.624135	1.473849
1.473849	29.198893	2.624131	1.473850
1.473850	29.198918	2.624132	1.473850
1.473850	29.198913	2.624131	1.473850
1.473850	29.198914	2.624132	1.473850
1.473850	29.198914	2.624132	1.473850
1.473850	29.198914	2.624132	1.473850

Tabel 4.4 Iterasi jarak antar drain dengan pola segiempat

S_{awal} (m)	$n = D/d$	$Ln(n) - 0.75$	S_{akhir} (m)
1.000000	21.320755	2.309681	1.459758
1.459758	31.123146	2.687952	1.353151
1.353151	28.850195	2.612117	1.372653
1.372653	29.265989	2.626426	1.368908
1.368908	29.186157	2.623695	1.369621
1.369621	29.201346	2.624215	1.369485
1.369485	29.198451	2.624116	1.369511
1.369511	29.199002	2.624135	1.369506
1.369506	29.198897	2.624131	1.369507
1.369507	29.198917	2.624132	1.369507
1.369507	29.198913	2.624131	1.369507
1.369507	29.198914	2.624132	1.369507
1.369507	29.198914	2.624132	1.369507
1.369507	29.198914	2.624132	1.369507

4.4. PERHITUNGAN WAKTU PENIMBUNAN

Dengan tinggi preloading sebesar 5,5 m maka perlu diperiksa dulu kemampuan tanah dasar terhadap beban yang besar tersebut. Kontrol terhadap daya dukung tanah dengan menggunakan persamaan 2.38 didapat angka keamanan yang kurang dari 3, $FS = 0,76$. Hal ini menandakan bahwa perlu tahapan pelaksanaan penimbunan.

Untuk menentukan tinggi tahapan penimbunan digunakan persamaan 2.39 dan 2.40. Dengan menetapkan nilai faktor keamanan $FS = 3$ maka didapat hasil-hasil seperti pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Tinggi tahapan penimbunan

Tahap	c (t/m^2)	H_t (m)
I	1.4000	1.4
II	1.9852	2.0
III	2.8212	2.8
IV	3.9916	4.0
V	5.6636	5.5

Adapun urutan langkah-langkah perhitungan waktu penimbunan sebagai berikut :

1. Menghitung besar penurunan akibat masing-masing penambahan beban akibat tahapan penimbunan.
2. Menghitung derajat konsolidasi vertikal (U_v) dengan persamaan 2.18 untuk waktu yang bervariasi.
3. Menghitung derajat konsolidasi radial (U_r) dengan persamaan 2.23 untuk waktu yang bervariasi, dimana desain vertikal drain yang digunakan adalah pola segitiga dan jaraknya 1,47 m.
4. Menghitung derajat konsolidasi kombinasi (U_{vr}) dengan persamaan 2.30.
5. Menghitung besar penurunan pada saat t (S_t) dengan persamaan 2.17 untuk tiap-tiap penambahan beban akibat tahapan penimbunan.

Akibat penambahan ketinggian akan menyebabkan penambahan beban atau tekanan (Δp) sehingga terjadi penurunan yang berbeda-beda. Penambahan ketinggian sampai elevasi +1,4 m menyebabkan penambahan beban sebesar 2,66

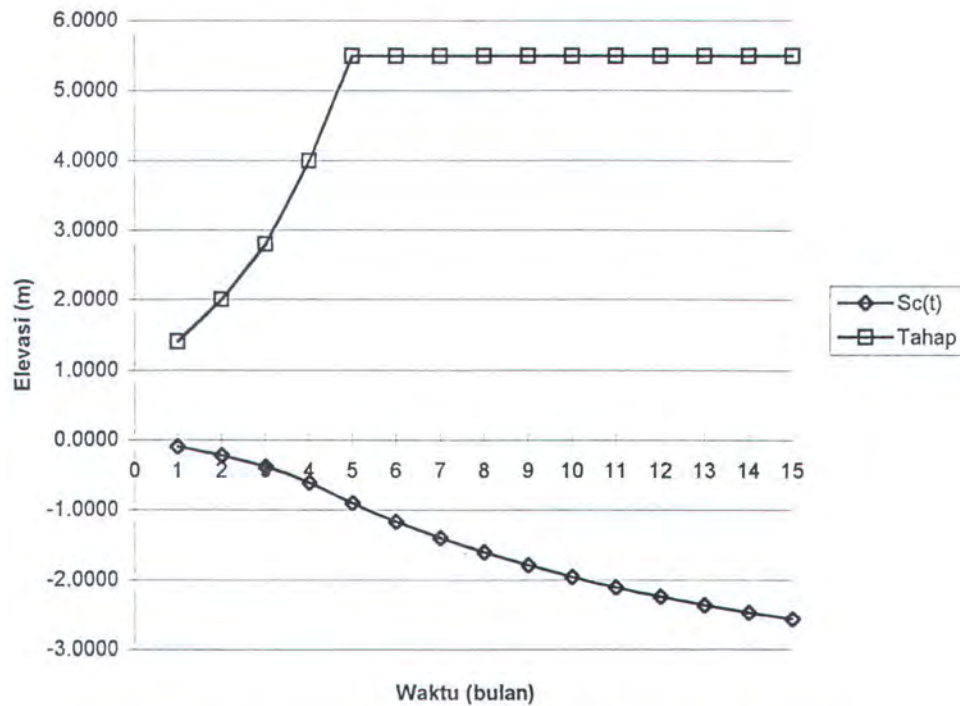


t/m^2 . Penambahan ketinggian sampai elevasi +2,0 m menyebabkan penambahan beban sebesar $1,14 t/m^2$. Penambahan ketinggian sampai elevasi +2,8 m menyebabkan penambahan beban sebesar $1,52 t/m^2$. Penambahan ketinggian sampai elevasi +4,0 m menyebabkan penambahan beban sebesar $2,28 t/m^2$. Penambahan ketinggian sampai elevasi +5,5 m menyebabkan penambahan beban sebesar $2,85 t/m^2$. Pelaksanaan penambahan ketinggian atau penambahan beban dilakukan dengan perbedaan waktu satu bulan untuk tiap tahapnya dengan asumsi daya dukung tanah sudah mampu untuk mendukung penambahan beban yang ada. Perhitungan penurunan dan kecepatan penurunan akibat penambahan beban diberikan pada tabel-tabel 4.6 sampai 4.10.

Hasil-hasil penurunan akibat penambahan beban dijumlahkan sehingga mendapat besar penurunan totalnya seperti pada tabel 4.11. Hasil penurunan selengkapnya beserta tahap penimbunan dapat dibuat dalam sebuah grafik seperti pada gambar 4.1. Tujuan preloading adalah untuk meniadakan atau mengurangi penurunan konsolidasi akibat beban rencana. Kemudian dipilih penurunan yang besarnya sama atau lebih kecil daripada penurunan akibat beban rencana sebesar $1,8238 m$ maka dari tabel 4.11 dipilih penurunan sebesar $1,7863 m$ dan besar penurunan tersebut dapat dicapai dalam waktu 9 bulan. Karena terjadi penurunan sebesar $1,7863 m$, maka sisa timbunan yang berada di atas permukaan tanah menjadi sebesar $3,7137 m$, sehingga rencana elevasi akhir yang diinginkan sebesar $+2,00 m$ masih dapat dipenuhi.

Hasil di atas memenuhi ketentuan perencanaan awal yaitu perbaikan tanah dasar dapat dilakukan dalam jangka waktu kurang dari satu tahun. Setelah sisa

timbunan disingkirkan, tanah dasar siap dipakai untuk pembangunan lapangan penumpukan peti kemas.



Gambar 4.1 Grafik penurunan akibat tahapan penimbunan

Pada gambar 4.1 terlihat pada tahap penimbunan I saat elevasi mencapai +1,4 m menghasilkan penurunan konsolidasi (S_c) sebesar 0,0928 m. Setelah 1 bulan, tahap penimbunan II mencapai elevasi +2,0 m menghasilkan penurunan sebesar 0,2152 m. Memasuki bulan ke-3, elevasi penimbunan tahap III mencapai +2,8 m dengan menghasilkan penurunan sebesar 0,3788 m. Penimbunan tahap IV mencapai elevasi +4,0 m pada bulan ke-4 dan penurunan yang terjadi sebesar 0,6036 m. Elevasi +5,5 m dicapai pada bulan ke-5 dengan penurunan sebesar

0,8996 m. Timbunan dengan tinggi 5,5 m dibiarkan sampai menghasilkan penurunan yang dikehendaki, kemudian sisa timbunan yang ada disingkirkan.

Tabel 4.6a Penurunan akibat penambahan beban 2,66 t/m²

No.	Kedalaman (m)	H (m)	C _c	e _o	p _o (ton/m ²)	Δp ₁ (ton/m ²)	S _(t) (m)	
1	2.7--6.6	3.9	0.759	2.055	4.6589	2.66	0.1901	
2	6.6--10.0	3.4	0.913	2.113	6.5269	2.66	0.1480	
3	10.0--15.0	5.0	0.913	2.113	8.5261	2.66	0.1729	
4	15.0--20.0	5.0	0.913	2.113	10.9061	2.66	0.1390	
5	20.0--25.0	5.0	0.885	2.407	13.3161	2.66	0.1027	
6	25.0--28.0	3.0	0.885	2.407	15.2681	2.66	0.0544	
7	28.0--30.0	2.0	1.008	2.125	16.5361	2.66	0.0418	
							Σ =	0.8489

Tabel 4.6b Kecepatan penurunan akibat penambahan beban 2,66 t/m²

t (bulan)	U _v	U _r	U _{vr}	S _{c(t)} (m)
1	0.0084	0.1017	0.1093	0.0928
2	0.0119	0.1931	0.2027	0.1721
3	0.0146	0.2751	0.2857	0.2426
4	0.0169	0.3489	0.3599	0.3055
5	0.0189	0.4151	0.4261	0.3618
6	0.0207	0.4746	0.4854	0.4121
7	0.0223	0.5280	0.5386	0.4572
8	0.0239	0.5760	0.5862	0.4976
9	0.0253	0.6192	0.6288	0.5338
10	0.0267	0.6579	0.6670	0.5662
11	0.0280	0.6927	0.7013	0.5953
12	0.0292	0.7239	0.7320	0.6214
13	0.0304	0.7520	0.7596	0.6448
14	0.0316	0.7772	0.7843	0.6658
15	0.0327	0.7999	0.8064	0.6846

Tabel 4.7a Penurunan akibat penambahan beban 1,14 t/m²

No.	Kedalaman (m)	H (m)	C _c	e _o	p _o (ton/m ²)	Δp ₂ (ton/m ²)	S _(t) (m)
1	2.7--6.6	3.9	0.759	2.055	4.6589	1.14	0.0921
2	6.6--10.0	3.4	0.913	2.113	6.5269	1.14	0.0697
3	10.0--15.0	5.0	0.913	2.113	8.5261	1.14	0.0799
4	15.0--20.0	5.0	0.913	2.113	10.9061	1.14	0.0633
5	20.0--25.0	5.0	0.885	2.407	13.3161	1.14	0.0463
6	25.0--28.0	3.0	0.885	2.407	15.2681	1.14	0.0244
7	28.0--30.0	2.0	1.008	2.125	16.5361	1.14	0.0187
Σ =							0.3944

Tabel 4.7b Kecepatan penurunan akibat penambahan beban 1,14 t/m²

t (bulan)	U _v	U _r	U _{vr}	S _{c(t)} (m)
1	0.0084	0.1017	0.1093	0.0431
2	0.0119	0.1931	0.2027	0.0800
3	0.0146	0.2751	0.2857	0.1127
4	0.0169	0.3489	0.3599	0.1419
5	0.0189	0.4151	0.4261	0.1681
6	0.0207	0.4746	0.4854	0.1915
7	0.0223	0.5280	0.5386	0.2124
8	0.0239	0.5760	0.5862	0.2312
9	0.0253	0.6192	0.6288	0.2480
10	0.0267	0.6579	0.6670	0.2631
11	0.0280	0.6927	0.7013	0.2766
12	0.0292	0.7239	0.7320	0.2887
13	0.0304	0.7520	0.7596	0.2996
14	0.0316	0.7772	0.7843	0.3094
15	0.0327	0.7999	0.8064	0.3181

Tabel 4.8a Penurunan akibat penambahan beban 1,52 t/m²

No.	Kedalaman (m)	H (m)	C _c	e _o	p _o (ton/m ²)	Δp ₃ (ton/m ²)	S _(t) (m)
1	2.7--6.6	3.9	0.759	2.055	4.6589	1.52	0.1188
2	6.6--10.0	3.4	0.913	2.113	6.5269	1.52	0.0907
3	10.0--15.0	5.0	0.913	2.113	8.5261	1.52	0.1045
4	15.0--20.0	5.0	0.913	2.113	10.9061	1.52	0.0831
5	20.0--25.0	5.0	0.885	2.407	13.3161	1.52	0.0610
6	25.0--28.0	3.0	0.885	2.407	15.2681	1.52	0.0321
7	28.0--30.0	2.0	1.008	2.125	16.5361	1.52	0.0246
Σ =							0.5148

Tabel 4.8b Kecepatan penurunan akibat penambahan beban 1,52 t/m²

t (bulan)	U _v	U _r	U _{vr}	S _{c(t)} (m)
1	0.0084	0.1017	0.1093	0.0563
2	0.0119	0.1931	0.2027	0.1043
3	0.0146	0.2751	0.2857	0.1471
4	0.0169	0.3489	0.3599	0.1853
5	0.0189	0.4151	0.4261	0.2194
6	0.0207	0.4746	0.4854	0.2499
7	0.0223	0.5280	0.5386	0.2772
8	0.0239	0.5760	0.5862	0.3017
9	0.0253	0.6192	0.6288	0.3237
10	0.0267	0.6579	0.6670	0.3434
11	0.0280	0.6927	0.7013	0.3610
12	0.0292	0.7239	0.7320	0.3768
13	0.0304	0.7520	0.7596	0.3910
14	0.0316	0.7772	0.7843	0.4037
15	0.0327	0.7999	0.8064	0.4151

Tabel 4.9a Penurunan akibat penambahan beban 2,28 t/m²

No.	Kedalaman (m)	H (m)	C _c	e _o	p _o (ton/m ²)	Δp ₄ (ton/m ²)	S _(t) (m)
1	2.7--6.6	3.9	0.759	2.055	4.6589	2.28	0.1676
2	6.6--10.0	3.4	0.913	2.113	6.5269	2.28	0.1297
3	10.0--15.0	5.0	0.913	2.113	8.5261	2.28	0.1509
4	15.0--20.0	5.0	0.913	2.113	10.9061	2.28	0.1209
5	20.0--25.0	5.0	0.885	2.407	13.3161	2.28	0.0891
6	25.0--28.0	3.0	0.885	2.407	15.2681	2.28	0.0471
7	28.0--30.0	2.0	1.008	2.125	16.5361	2.28	0.0362
Σ =							0.7416

Tabel 4.9b Kecepatan penurunan akibat penambahan beban 2,28 t/m²

t (bulan)	U _v	U _r	U _{vr}	S _{c(t)} (m)
1	0.0084	0.1017	0.1093	0.0811
2	0.0119	0.1931	0.2027	0.1503
3	0.0146	0.2751	0.2857	0.2119
4	0.0169	0.3489	0.3599	0.2669
5	0.0189	0.4151	0.4261	0.3160
6	0.0207	0.4746	0.4854	0.3600
7	0.0223	0.5280	0.5386	0.3994
8	0.0239	0.5760	0.5862	0.4347
9	0.0253	0.6192	0.6288	0.4663
10	0.0267	0.6579	0.6670	0.4947
11	0.0280	0.6927	0.7013	0.5201
12	0.0292	0.7239	0.7320	0.5429
13	0.0304	0.7520	0.7596	0.5633
14	0.0316	0.7772	0.7843	0.5817
15	0.0327	0.7999	0.8064	0.5981

Tabel 4.10a Penurunan akibat penambahan beban 2,85 t/m²

No.	Kedalaman (m)	H (m)	C _c	e _o	p _o (ton/m ²)	Δp _s (ton/m ²)	S _(t) (m)
1	2.7--6.6	3.9	0.759	2.055	4.6589	2.85	0.2009
2	6.6--10.0	3.4	0.913	2.113	6.5269	2.85	0.1569
3	10.0--15.0	5.0	0.913	2.113	8.5261	2.85	0.1837
4	15.0--20.0	5.0	0.913	2.113	10.9061	2.85	0.1479
5	20.0--25.0	5.0	0.885	2.407	13.3161	2.85	0.1094
6	25.0--28.0	3.0	0.885	2.407	15.2681	2.85	0.0579
7	28.0--30.0	2.0	1.008	2.125	16.5361	2.85	0.0446
Σ =							0.9011

Tabel 4.10b Kecepatan penurunan akibat penambahan beban 2,85 t/m²

t (bulan)	U _v	U _r	U _{vr}	S _{c(t)} (m)
1	0.0084	0.1017	0.1093	0.0985
2	0.0119	0.1931	0.2027	0.1827
3	0.0146	0.2751	0.2857	0.2575
4	0.0169	0.3489	0.3599	0.3243
5	0.0189	0.4151	0.4261	0.3840
6	0.0207	0.4746	0.4854	0.4375
7	0.0223	0.5280	0.5386	0.4853
8	0.0239	0.5760	0.5862	0.5282
9	0.0253	0.6192	0.6288	0.5666
10	0.0267	0.6579	0.6670	0.6011
11	0.0280	0.6927	0.7013	0.6320
12	0.0292	0.7239	0.7320	0.6596
13	0.0304	0.7520	0.7596	0.6845
14	0.0316	0.7772	0.7843	0.7067
15	0.0327	0.7999	0.8064	0.7267

Tabel 4.11 Penurunan gabungan akibat penambahan beban

Waktu (bulan)	Settlement (m)					Sc _(t) (m)
	I	II	III	IV	V	
1	0.0928					0.0928
2	0.1721	0.0431				0.2152
3	0.2426	0.0800	0.0563			0.3788
4	0.3055	0.1127	0.1043	0.0811		0.6036
5	0.3618	0.1419	0.1471	0.1503	0.0985	0.8996
6	0.4121	0.1681	0.1853	0.2119	0.1827	1.1600
7	0.4572	0.1915	0.2194	0.2669	0.2575	1.3924
8	0.4976	0.2124	0.2499	0.3160	0.3243	1.6003
9	0.5338	0.2312	0.2772	0.3600	0.3840	1.7863
10	0.5662	0.2480	0.3017	0.3994	0.4375	1.9529
11	0.5953	0.2631	0.3237	0.4347	0.4853	2.1022
12	0.6214	0.2766	0.3434	0.4663	0.5282	2.2360
13	0.6448	0.2887	0.3610	0.4947	0.5666	2.3559
14	0.6658	0.2996	0.3768	0.5201	0.6011	2.4634
15	0.6846	0.3094	0.3910	0.5429	0.6320	2.5598



BAB V

KESIMPULAN

BAB V

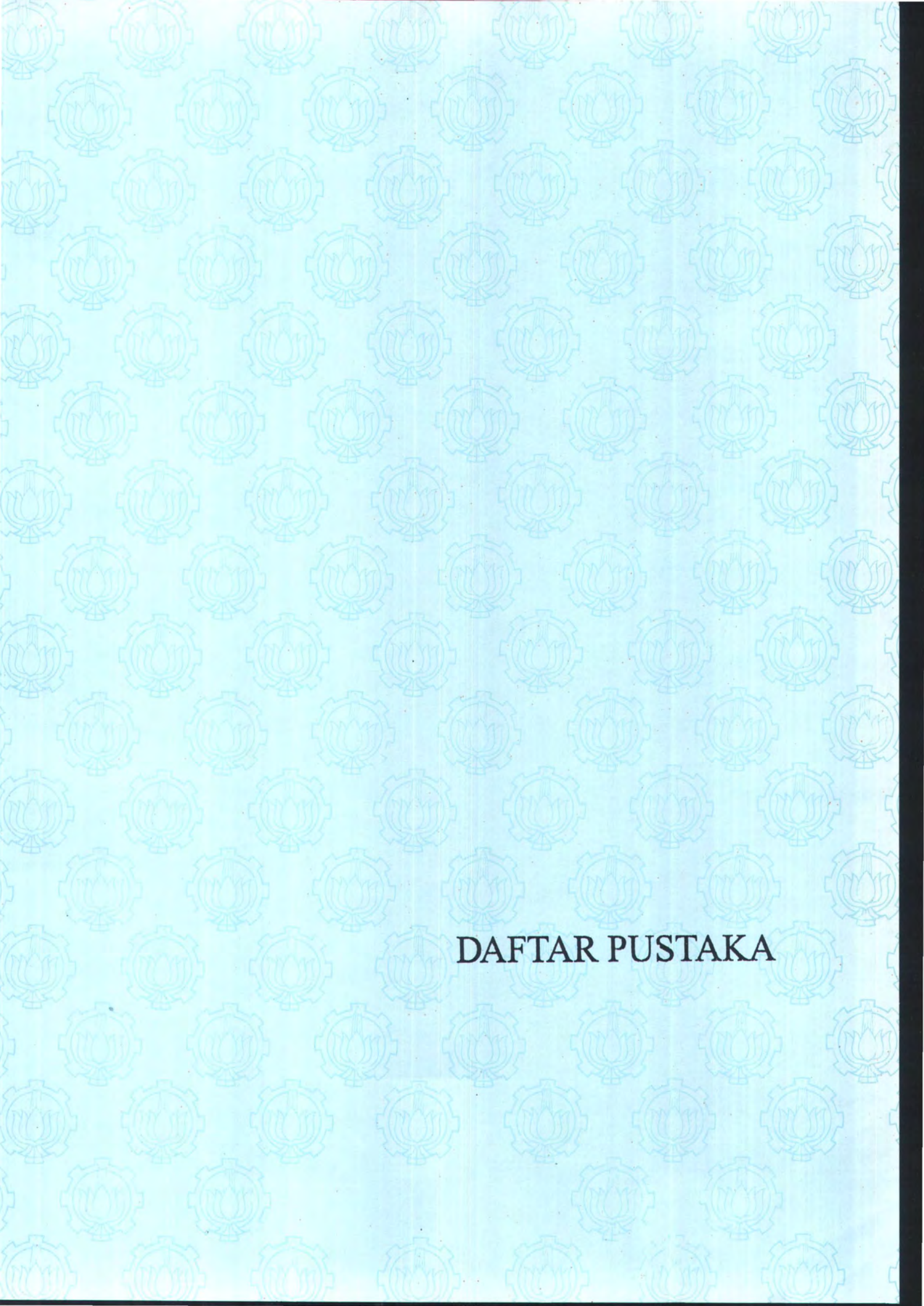
KESIMPULAN

Dari analisis tugas akhir ini didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Besar penurunan yang harus dihilangkan akibat beban rencana $6,8 \text{ t/m}^2$ adalah sebesar 1,8238 m dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai konsolidasi 80% adalah 845 tahun. Jadi pekerjaan konstruksi tidak dapat segera dilakukan sedangkan di sisi lain terbentur adanya keterbatasan waktu pelaksanaan proyek, maka diusahakan perbaikan tanah dengan kombinasi metode preloading dan vertikal drain.
2. Dalam mendesain jarak antar vertikal drain untuk pemasangan dengan pola segi tiga didapatkan jarak 1,47 m sedangkan untuk pemasangan dengan pola segi empat berjarak 1,37 m. Dengan mempertimbangkan jumlah kebutuhan drain untuk areal yang sama maka dipilih pemasangan drain dengan pola segi tiga berjarak 1,47 m.
3. Dari analisis daya dukung tanah, pelaksanaan penimbunan untuk preloading dilakukan dengan bertahap dengan tinggi timbunan sebagai berikut :

Tahap I	sampai elevasi	+ 1,4 m
Tahap II	sampai elevasi	+ 2,0 m
Tahap III	sampai elevasi	+ 2,8 m
Tahap IV	sampai elevasi	+ 4,0 m
Tahap V	sampai elevasi	+ 5,5 m

4. Dengan menggunakan preloading dengan tinggi 5,5 m dan vertikal drain dengan pola segi tiga dan berjarak 1,47 m, menghasilkan penurunan sebesar 1,7863 m dalam waktu 9 bulan.
5. Rencana elevasi akhir +2,0 m masih dapat dipenuhi dengan sisa timbunan yang masih berada di permukaan tanah sebesar 3,7137 m.



DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

1. Bowles, Joseph E., *Analisa dan Desain Pondasi*, Jilid 1 dan 2, Alih bahasa Pantur Silaban, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1983.
2. Das, Braja M., *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik)*, Jilid 1 dan 2, Alih bahasa Noor Endah Mochtar dan Indrasurya B. Mochtar, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1993.
3. Hardiyatmo, Hary Christady, *Mekanika Tanah*, Jilid 1 dan 2, Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1994.
4. Hausman, Manfred R., *Engineering Principles of Ground Modification*, McGraw Hill Inc., Singapore, 1990.
5. Holtz, Robert D., dan Kovacs, William D., *An Introduction to Geotechnical Engineering*, Prentice Hall Inc., New Jersey, 1981.
6. Johnson, Stanley J., *Precompression for Improving Foundation Soils*, Journal of Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE, vol 96, paper 7020, 1970.
7. Johnson, Stanley J., *Foundation Precompression with Vertical Sand Drain*, Journal of Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE, vol 96, paper 7021, 1970
8. Nakazawa, K., Yamamura, K., Sasaki, Y., dan Kudo, S., *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, Alih Bahasa L. Taulu, dkk., Penerbit PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1984.

9. *Perbaikan Tanah Dasar di Lapangan Penumpukan Peti Kemas Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya*, PT. Arena Rekapersada Trimarta, Surabaya, 1998.
10. Soedarmo, G. D., dan Purnomo, S. J. Edy, *Mekanika Tanah*, Jilid 1 dan 2, Penerbit Kanisius, Yogyakarta, 1997.
11. Terzaghi, K., *Theoretical Soil Mechanics*, John Wiley & Sons Inc., New York, 1943.
12. Van Zanten, R. Veldhuijzen, *Geotextiles and Geomembranes in Civil Engineering*, A. A. Balkema, Rotterdam, 1986.
13. Wahyudi, Herman, *Vertical Drain dan Permasalahannya*, Makalah Seminar Teknologi Reklamasi di Kawasan Pantai, Surabaya, 1994.

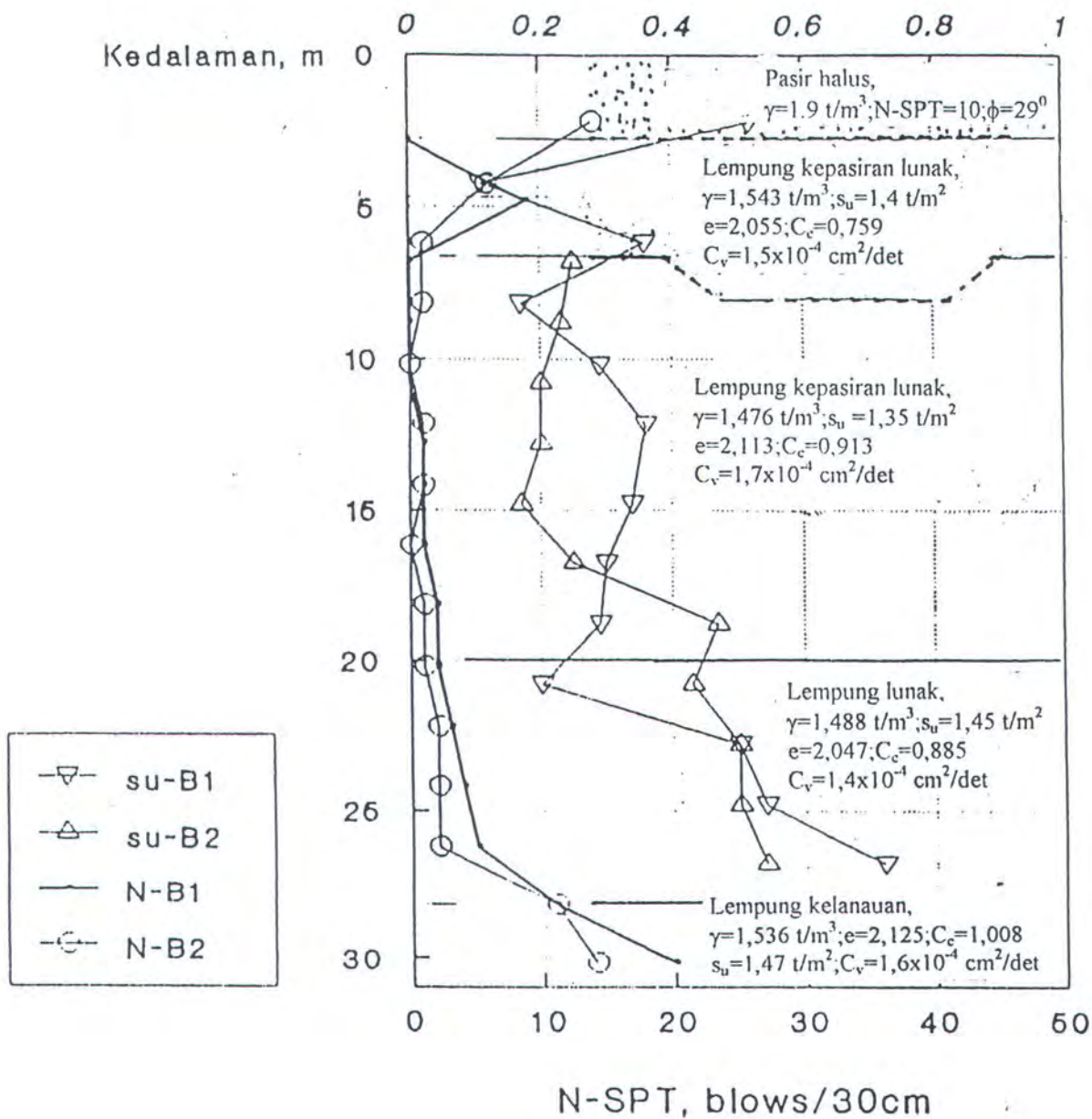




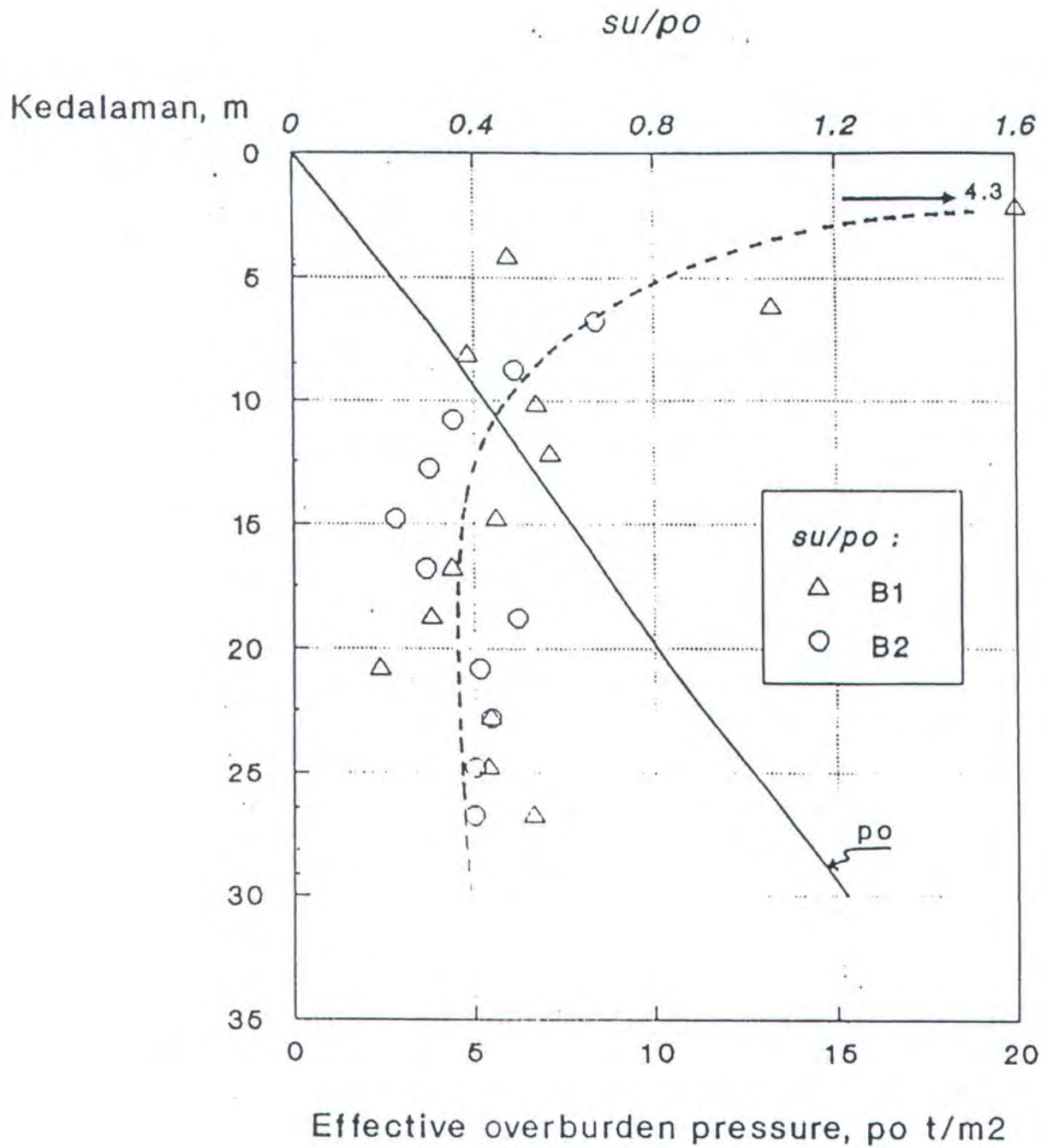
LAMPIRAN

LAMPIRAN DATA TANAH

Vane shear strength, s_u kg/cm²

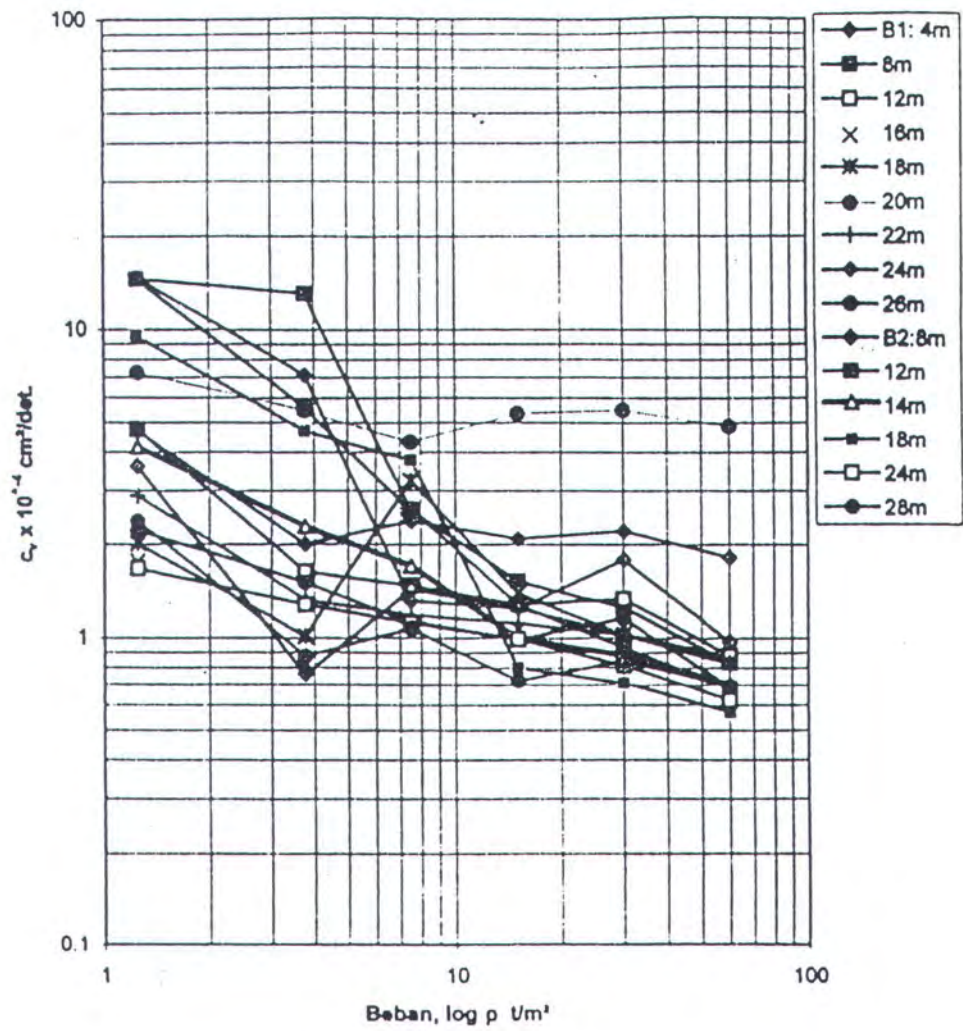


Gambar 3. Grafik s_u dan N-SPT terhadap kedalaman



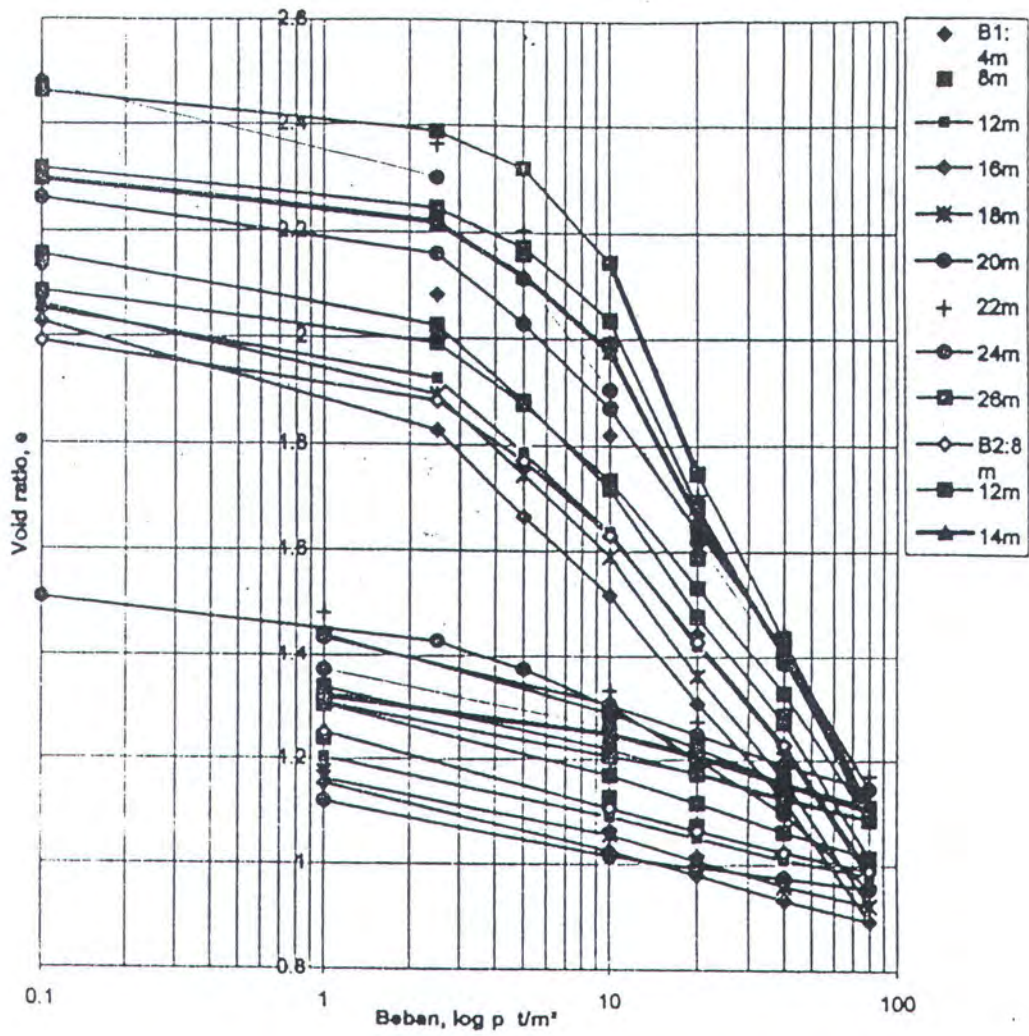
Gambar 4. Grafik s_u/p_o terhadap kedalaman



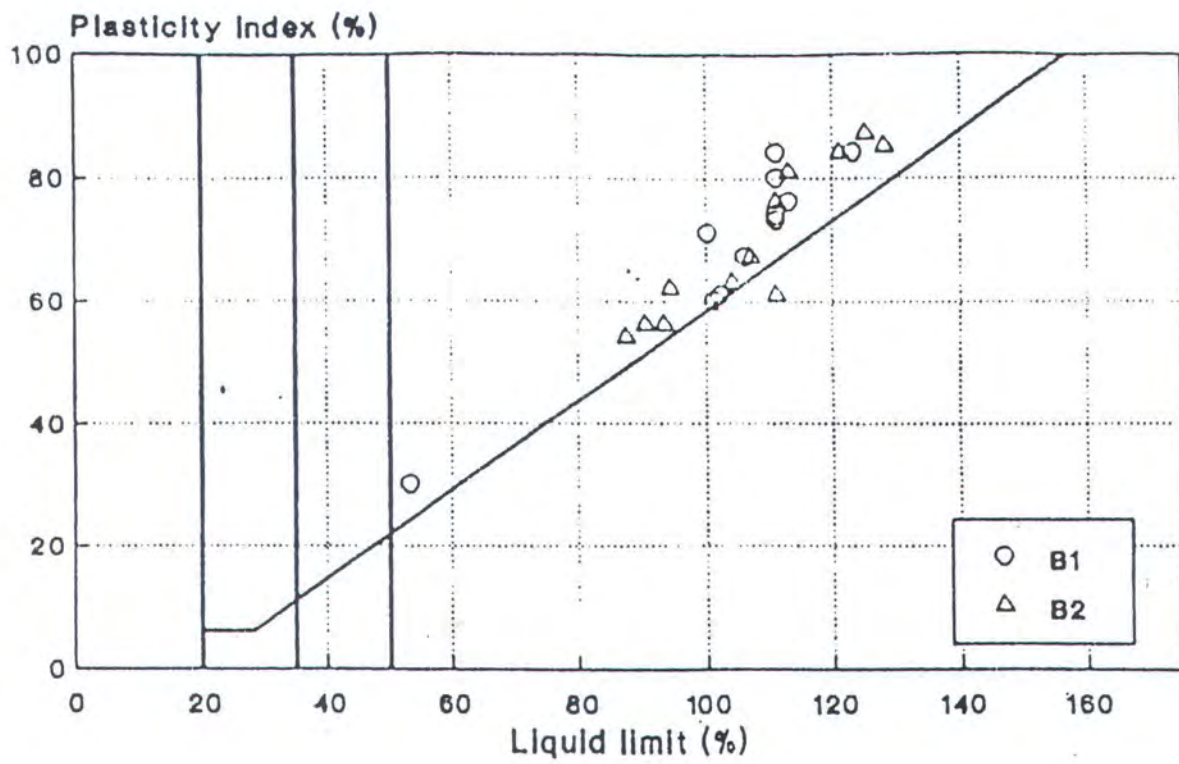


Gambar 5. Grafik ringkasan koefisien konsolidasi C_v





Gambar 6. Graik ringkasan e-log p



Gambar 7. Grafik plastisitas tanah



DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Kampus ITS - Sukolilo, Surabaya 60111 Telp. 5928105, 5994251-5 Psw. 1104-7 Telex 34224 Fax 5947254

TUGAS AKHIR (OE.1701)

No. 071/K03.4.4/PP/99

MATA KULIAH	:	TUGAS AKHIR
NOMOR MATA KULIAH	:	OE.1701
NAMA MAHASISWA	:	Satya Adinugraha
NOMOR POKOK	:	4392100026
TGL.DIBERIKAN TUGAS	:	3 April 1999
TGL.SELESAINYA TUGAS	:	3 September 1999
DOSEN PEMBIMBING	:	1. Dr.Ir. W.A. Pratikto,MSc 2. Ir. Rudi Waluyo P.

THEMA/URAIAN/DATA-DATA YANG DIBERIKAN/JUDUL TUGAS AKHIR :

ANALISA PENGGUNAAN VERTIKAL DRAIN DAN PRELOADING PADA LAHAN REKLAMASI DI UNIT TERMINAL PETI KEMAS (UTPK) PELABUHAN TANJUNG PERAK SURABAYA

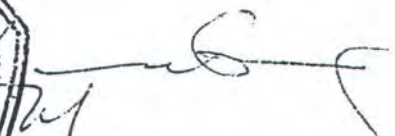
Surabaya, 3 April 1999

Setua Jurusan ;

DIBUAT RANGKAP 4 :

1. Mahasiswa ybs.
2. Dekan FTK-ITS
3. Dosen Pembimbing
4. Arsip Jurusan




Dr. Ir. Eko Budi Djatmiko, MSc
Telp. 131 407 592



DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Kampus ITS-Sukolilo, Surabaya 60111 Telp 5947274,5947254 psw 144 Telex 34224 Fax 5947254

FORMULIR PENGAJUAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya mahasiswa Jurusan Teknik Kelautan FTK-ITS,

Nama : Satya Adhinugraha
NRP : 4392 100 026
Jenis Kelamin : Laki-laki / Perempuan
Alamat : Jl. Ngagel mulyo VIII /32
Surabaya
Judul TA : Analisis Pengukuran Vertikal Drain dan Preloadina
pada Lahan Reklamasi di Unit Terminal Peti kemas
Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya

Dengan ini mengajukan untuk mengikuti Ujian Tugas Akhir Wisuda Periode bulan 199., dan bersedia memenuhi segala persyaratan yang ditetapkan oleh Jurusan Teknik Kelautan FTK-ITS.

Demikian pengajuan ini saya sampaikan dan atas segala bantuanya saya ucapkan terima kasih.

Mengetahui
Dosen Pembimbing ;

(Ir WA Pratikto M.Sc, PhD)
NIP. 130 816 210

Surabaya, 16 Agustus 1999
Hormat Kami ;

(Satya Adhinugraha)
NRP 4392 100 026



DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Kampus ITS-Sukolilo, Surabaya 60111 Telp 5947274,5947254 psw 144 Telex 34224 Fax 5947254

FORMULIR PENGAJUAN TUGAS AKHIR

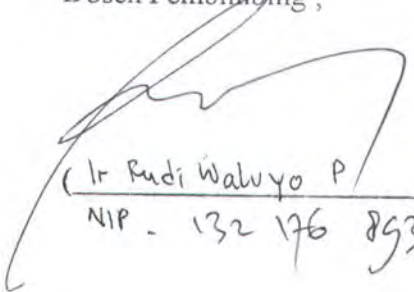
Yang bertanda tangan dibawah ini, saya mahasiswa Jurusan Teknik Kelautan FTK-ITS,

Nama : Satya Adhinugraha
NRP : 4392 600 026
Jenis Kelamin : Laki-laki / Perempuan
Alamat : Jl. Ngagel Mulyo VIII / 32
Surabaya
Judul TA : Analisis Pengukuran Vertikal Drain dan Preloading
pada Lahan Reklamasi di Unit Terminal Peti Kemas
Kelabuhan Tanjung Perak Surabaya

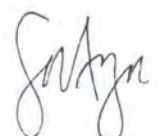
Dengan ini mengajukan untuk mengikuti Ujian Tugas Akhir Wisuda Periode bulan 199.., dan bersedia memenuhi segala persyaratan yang ditetapkan oleh Jurusan Teknik Kelautan FTK-ITS.

Demikian pengajuan ini saya sampaikan dan atas segala bantuanya saya ucapkan terima kasih.

Mengetahui
Dosen Pembimbing ;


(Ir Rudi Waluyo P)
NIP - 132 176 893

Surabaya, 16 Agustus 1999
Hormat Kami ;


(Satya Adhinugraha)
NRP 4392 600 026



DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Kampus ITS-Sukolilo, Surabaya 60111 Telp 5947274,5947254 psw 144 Telex 34224 Fax 5947254

FORMULIR EVALUASI KEMAJUAN TUGAS AKHIR

Kami, dosen pembimbing Tugas Akhir dari mahasiswa :

Nama : Satya Adhinugraha
NRP : 4292 100 026
Judul TA : Analisis Penggunaan Vertikal Drain dan Preloading
pada Lahan Reklamasi di Unit Terminal Peti Kemas
Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya

Setelah mempertimbangkan butir-butir berikut :

- Keaktifan mahasiswa dalam mengadakan asistensi
- Proporsi Materi TA yang telah diselesaikan sampai saat ini
- Prospek penyelesaian TA dalam jangka waktu yang relevan
- Masa studi yang tersisa

Dengan ini kami mengusulkan agar TA mahasiswa tersebut diputuskan untuk :

- Dibatalkan keseluruhannya dan mengajukan judul baru
- Diperkenankan menyelesaikan tanpa perubahan
- Diperkenankan mengikuti Ujian Tugas Akhir dengan judul :
..... Analisis Penggunaan Vertikal Drain dan Preloading pada Lahan
..... Reklamasi di Unit Terminal Peti Kemas Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya

Selanjutnya mahasiswa di atas diharuskan untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhirnya dan dapat mengikuti ujian Tugas Akhir untuk Wisuda19.....

Ketua Jurusan,

Surabaya, 16 Agustus 1999
Dosen Pembimbing,

(Dr Ir E B Djatmiko M.Sc)

NIP 131 407 592

(Ir WA Pratiko M.Sc, Ph.D)

NIP 130 816 216



DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Kampus ITS-Sukolilo, Surabaya 60111 Telp 5947274,5947254 psw 144 Telex 34224 Fax 5947254

FORMULIR EVALUASI KEMAJUAN TUGAS AKHIR

Kami, dosen pembimbing Tugas Akhir dari mahasiswa :

Nama : Satya Adhinugraha
NRP : 43.92.1071.026
Judul TA : Analisis Penggunaan Vertikal Drain dan Preloading
Pada Lahan Reklamasi di Unit Terminal Peti Kemas
Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya

Setelah mempertimbangkan butir-butir berikut :

- Keaktifan mahasiswa dalam mengadakan asistensi
- Proporsi Materi TA yang telah diselesaikan sampai saat ini
- Prospek penyelesaian TA dalam jangka waktu yang relevan
- Masa studi yang tersisa

Dengan ini kami mengusulkan agar TA mahasiswa tersebut diputuskan untuk :

- Dibatalkan keseluruhannya dan mengajukan judul baru
- Diperkenankan menyelesaikan tanpa perubahan
- Diperkenankan mengikuti Ujian Tugas Akhir dengan judul :
Analisis Penggunaan Vertikal Drain dan Pre loading Pada Lahan
Reklamasi di Unit Terminal Peti Kemas Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya

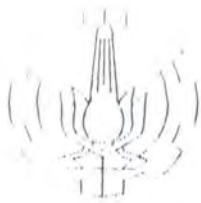
Selanjutnya mahasiswa di atas diharuskan untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhirnya dan dapat mengikuti ujian Tugas Akhir untuk Wisuda19.....

Ketua Jurusan,

Surabaya, 16 Agustus 1999
Dosen Pembimbing,

(Dr. Ir. E.B. Djatmiko M.Sc.)
NIP. 131 407 592

(Ir. Rudi Waluyo P.)
NIP. 132 176 893



DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Kampus ITS - Sukolilo, Surabaya 60111 Telp. 5928105, 5994251 - 5 Psw. 1104 - 1107 Fax 5936852

LEMBAR PRESENTASI KONSULTASI TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA : Satya Adhinugraha
NOMOR POKOK : 4392 WD 026
DOSEN PEMBIMBING : Ir WA Pratikto MSc PhD
Ir Rudi Walujo P
TUGAS DIMULAI :
DISELESAIKAN :
JUDUL TUGAS AKHIR : Analisa Penggunaan Vertical Drain dan
Preloading pada lahan reklamasi di UTPK
Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya

NO	TANGGAL	KONSULTASI MENGENAI	TANDA TANGAN DOSEN PEMB.
1	28/6 '99	Pendahuluan	WPA
2	9/7 '99	Tinjauan Umum	WPA
3	15/7 '99	Dasar teori	WPA
4	21/7 '99	Revisi Dasar Teori	WPA
5	30/7 '99	Perhitungan	WPA
6	4/8 '99	Revisi Perhitungan	WPA
7	9/8 '99	Revisi Kesimpulan	WPA
8	12/8 '99	Revisi Abstrak & Daftar Pustaka	WPA
9	16/8 '99	Selesai	WPA

CATATAN : LEMBAR PRESENSLINI HARUS DITUNJUKKAN PADA SAAT UJIAN TUGAS AKHIR.



DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Kampus ITS - Sukolilo, Surabaya 60111 Telp. 5928105, 5994251 - 5 Psw. 1104 - 1107 Fax 5936852

LEMBAR PRESENTASI KONSULTASI TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA : Satya Adhinugraha
NOMOR POKOK : 4992 100 026
DOSEN PEMBIMBING : Ir WA Prabhoto MSc PhD
Ir Rudi Waluyo P
TUGAS DIMULAI :
DISELESAIKAN :
JUDUL TUGAS AKHIR : Analisa Penggunaan Vertikal Drain dan
Preloading pada Lahan Reklamasi di WIPK
Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya

NO	TANGGAL	KONSULTASI MENGENAI	TANDA TANGAN DOSEN PEMB.
1	26/7/99	Perhitungan perencanaan	
2	9/8/99	Dilanjutkan Bab VI	
3	11/8/99	Revisi Abstrak + kesimpulan	
4	13/8/99	Revisi Abstrak + daftar pustaka	
5	16/8/99	Selaras, siap mru ujikan	
6			
7			
8			
9			

CATATAN : LEMBAR PRESENSI LUARUS DITUNJUKKAN PADA SAAT UJIAN
TUGAS AKHIR.